

植物医学导论

PHYTOMEDICINE: AN INTRODUCTORY TREATISE

管致和 主编

CHIEF EDITOR GUAN ZHIHE

1-1-31

中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

本书撰稿人

(按拼音顺序排列)

- 高希武 中国农业大学昆虫学系副教授、系主任
- 管致和** 中国农业大学昆虫学系教授
- 江树人 中国农业大学应用化学系教授、副校长
- 李怀方 中国农业大学植物病理学系副教授(博士)、系主任
- 李孙荣 中国农业大学农学系教授(博士)
- 李颖章 中国农业大学农业生物学院讲师(硕士)
- 骆 勇 中国农业大学植物病理学系讲师(博士)
- 秦玉川 中国农业大学昆虫学系副教授(博士)
- 沈佐锐 中国农业大学昆虫学系教授(博士)
- 唐文华 中国农业大学植物病理学系教授
- 王学臣 中国农业大学农业生物学院教授、副院长
- 肖悦岩 中国农业大学植物病理学系教授
- 由振国 中国农业大学农学系副教授(博士)
- 张福锁 中国农业大学植物营养学系教授(博士)、系主任
- 张西科 河北农业大学农学系讲师(博士)
- 张元恩 中国农业大学植物病理学系教授

序

40年前,国际上已有了“植物医学”的名词。1971年著名植物病理学家、国际植病学会主席 Grossmann 教授在联邦德国 Hohenheim 大学建立了“植物医学研究所”,这个所有植物病理学、昆虫学、杂草学及植物药理学四个研究方向。Franz Mueller 教授就是这个系的植物药理学教授。他的专著《植物药理学——植物保护剂的行为和作用方式》已由北京农业大学江树人教授译成中文,于1988年由北京农业大学出版社正式出版。我曾在1987年访问过植物医学研究所,受到 Grossmann 教授与 Mueller 教授的热忱接待,参观了该所的一些实验室。在访问中给我深刻印象的是他们把植物与人、动物同等看待,既重视植物自身的免疫功能和保健作用,又重视临床诊断上用药的健康和安全性,从而建立了《植物药理学》。Hohenheim 大学植物医学研究所的四个研究方向,在植物医学的基础上四者有机结合、相互渗透,为保护植物,实现优质高产服务。Grossmann 教授标新立异,敢于创新,对传统的植物保护进行挑战,而且在德国率先成立了植物医学学会和植物医师协会。

80年代以来 Hohenheim 大学植物医学研究所与北京农业大学植保系、应用化学系共同建立合作研究 CIAD-3 项目;北京农业大学沈其益教授、江树人教授、张元恩教授等十几位教授访问过 Hohenheim 大学植物医学研究所;Hohenheim 大学还给北京农业大学培养了一批博士生,这些工作均为本书的诞生奠定了基础。

管致和教授是我国著名的昆虫学家,经过40多年的教学及生产实践,于1992年提出在北京农业大学建立“植物医学”的学科设想后,得到农业部教宣司的支持,我曾应邀参加过3次讨论。管致和教授提出的很多观点,不仅已经 Grossmann 教授和 Mueller 教授在德国证实,而且有了新的发展,管致和教授主编的《植物医学导论》不仅包括植病、昆虫、杂草、药理,而且还扩大到了植物生理、植物营养,内容十分丰富。

《植物医学导论》的出版,是面向21世纪教学领域改革的一个新尝试,本书的撰稿人大大都是中青年教授、副教授、博士,其中多数人均留学德国、美国,有些撰稿人还接受过 Grossmann 教授和 Mueller 教授的合作研究指导。本书撰写人阵容强大,多学科交叉,有浓厚的中国特色。本书在审阅中还得到我国植病、昆虫学界德高望重的中科院院士、教授、研究员等著名专家的审阅、肯定,保证了本书的质量。

我衷心地祝愿《植物医学导论》的出版,并以此推动传统植保学科的改革和面向21世纪我国高等农业教育中教学内容、课程体系的改革;能产生一批新的课程,培养一批新的人才,迎接21世纪国内外农业发展的挑战。

农业部教学指导委员会副主任
中国农业大学教授 毛达如

1995年4月10日

序

人医和兽医是大家都熟悉的,唯有植物医生这一名词还不大熟悉。实际上植物医生是“植物保护工作者”名称的发展,百余年前,有些从事植物保护工作者却巧是人医,例如德国植物病理学之父德巴里(De Bary)原本是学医的。早期人们对于植物病虫害的防治,绝大多数用的是保护法,例如防病用的是植物体表保护药剂,防虫用的是体外毒杀药剂,很少采用治疗的方法,然而科学在前进,内吸性农药的发明使得有些病害可以在植物患病后得到治疗而对一些害虫则因吸食含毒液汁而死亡。除此之外,人类利用天然的抗病抗虫基因,通过人工杂交和后代的选育,使原来感病虫的植物成为抗病虫的品种或品系,近年来更进一步用基因工程来达到同样的目的。

由于人们对植物免疫机制的深入研究,发现控制植物抗或感病虫的基因,在其表达过程中,可以利用化学的或物理的因素或多或少加以改变,从而获得后天的诱导抗、耐性,也可以利用病原物的弱致病株系在植物活体内产生抑制强致病株系的侵染和发病,有些如病毒的弱株系可以起交互保护作用,此外某些无毒有机物质在活体内能诱导产生一定程度的抗、耐性。这些方法已经接近于人、兽医的疫苗注射,或具有类似的作用。

现代植物保护的发展,它涉及的学科范畴已经远远超过了过去防治害虫和流行性传染病的要求,因为已经涉及到植物的非传染性病害。例如由于土壤酸碱度不宜而引起的盐碱害,由于缺素而引起的营养失调症,由于污水灌溉而发生的中毒症,由于酸雨和空气污染而带来的环境污染症以及农药使用不当而引起的药害等等。由此可见,植物保护要如人医那样,实行“公共卫生”来作为预防措施,还要有临床诊断手段和及时的治疗方法以挽救患病的植物,何况植保工作者对多年生树木早就使用外科手术了。

植物医学(Pflanzenarzte, Phytomedicine)一词在 30 年代已经在西欧特别是德国出现,他们对植物保护工作者也常常称作植医。目前由于植物保护的内涵已经有所发展,它的任务实际上已经属于植物医学,那么我们现在顺应科学任务的发展,改革旧时植物保护教学的系统和内容,创建新颖的“植物医学”,用来培养我国新一代的植物医生,乃是具有远见的创举。

现在中国农业大学诸多与植医有关的专家都有此共识,从而集体编写了《植物医学导论》一书见示,我认为这是一本既有新意,也很实用的好书。不过事物总是从无到有,由小到大,从简入繁,由浅入深的,这个“导论”当然只是一个良好的开端,将来必然会发扬光大。有鉴于此,本人认为可以从速公诸于世,以促进植物医学的发展。为此乐于为序。

中国农业大学植物病理学教授 裴维蕃
中国科学院院士

前 言

早在1948年,我国著名植物病理学家朱凤美教授就在杭州(岳坟附近)建立了第一所植物医院。他向来访者介绍说:植物虫害好比是外科,植物病害好比是内科(据杜正文教授回忆)。虽然这所植物医院的业务仍沿用传统的病虫害除治,但在当时,把植物受昆虫伤害看成是植物的外科疾病还是件“新鲜事”。

现在我国从上到下建立了上万所植物医院,几乎完全代替了植物保护服务体系。把植保站改成植物医院,姑且不论其业务内容是否有本质上的改变,名称的改变却体现了对植物保护认识的转变——要像医生保护病人那样去保护植物,植物需要植物医生。但是有“植物医学”这一学科体系,知之者却不多。

既然植物保护学科就是保护植物的,提出植物医学似乎是“多此一举”,有“哗众取宠”之嫌。确实有人这样说。尽管现在不会再有人认为植物是没有生命的死物,但把植物看成是没有知觉的生物的人却不在少数,医生把无感知的人称为“植物人”就是证明。现代植物生理学恰恰证明了植物不但能感受各种信号,还有类似动物神经功能的信息传递系统,有类似动物内分泌系统的植物激素,有类似动物免疫功能的各类免疫物质。所以一位美国科学家把植物说成是“很慢的动物”(very slow animal)。动物与植物毕竟都是生物,它们具有生物的共性。现在提出植物医学就是基于对植物的这种新的认识。不了解保护对象的“医学”是无法使人信服的。传统植物保护却是建立在控制有害生物的基础上的,可以不理睬植物生理生化,不学植物营养,可以忽视植物对各种无机、有机因素侵害的、主动、积极的防御反应,值得一提的是,植物病理学家是比较了解这类反应的。他们早就注意到植物受微生物侵害时能产生植物防卫素(phytoalexins)。所以历来提倡植物医学的大都是植物病理学家,而不是农业昆虫学家。单纯依赖化学农药的局面正是由于把保护植物建立在以控制有害生物的基础上形成的。

植物医学并不一概反对使用农药,就像人医既重视人的保健和充分发挥人本身的免疫功能,又重视临床用药一样。但是植物医学与传统植保用农药有根本的区别。医学上用药首先考虑的是保护对象的健康和安全,正好像人医用青霉素、磺胺,首先想到的是他的病人是否可以接受。传统植保学科中不包括植物药理学,不理解农药除了会产生明显的药害外,还会产生外表看不见的“内伤”,如对植物代谢的影响,对细胞膜功能的影响,甚至改变了植物的成分,想保护植物反而伤害了植物。所以植物医学必须包括植物药理学,主张对所用的农药必须经过药理检验。

既然如此,怎么能说提出植物医学是“哗众取宠”呢?

有的人说,植物医学现在还不成熟,这当然是对的。那末100年前的人医学不如现在的人医学成熟,是不是那时就不该提呢?再过100年回头看现在的人医学何尝又是成熟的呢?成熟与不成熟是相对的,由不成熟逐渐变成熟是任何一门科学的发展规律。现在提植物医学比Braun(1956年)和Grossmann(1971年)提出植物医学是不是条件更成熟些?既然如此,又何必求全责备?

植物医学是为保护植物服务的,但归根到底是为保护人类服务的:人类需要从植物获取更多、更高质量的食物,人类需要更高质量的生存环境!况且现在又是形势逼人的时代:全国成立了上万个植物医院,由国家资格认定的植物医生在哪里?这样紧迫的问题难道还不该提到日程上来吗?这就是写这本书的时代背景。

编写《植物医学导论》的目的只是想把植物医学这一概念引向社会,让更多人了解它,评议它。如果这本书的出现能引起一部分同行的兴趣,共同来扶持、研究、发展这门学科,则幸甚!

最后,我要借机代表这本书的全体撰稿人感谢为我们写“序”的裘维蕃教授(中科院院士)、毛达如教授(农业部教育司前司长),为我们写“跋”的娄成后教授(中科院院士);经常鼓励、指点我们的阳含熙教授(中科院院士)、张广学教授(中科院院士)、孙儒泳教授(中科院院士)、赵善欢教授(中科院院士)、尹文英教授(中科院院士)、蒋书楠教授、林昌善教授、徐汝梅教授、杜正文教授、杨新美教授、王就光教授、宗良炳教授、张履鸿教授、葛钟麟教授、胡萃教授、黄邦侃教授、陈永林教授、丁岩钦教授、沈瑞祥教授、束炎南高级工程师、王树高级工程师。

管致和

1995年4月2日

目 录

第一章 绪论	管致和 (1)
一、植物医学(Phytomedicine)概念	(1)
二、建立植物医学的重要依据——对植物个体的再认识	(4)
三、植物医学的病因观	(5)
四、植物医学实践	(7)
五、结束语	(8)

上篇 植物医学基础理论

第二章 植物医学的生态学基础	沈佐锐 由振国 唐文华 骆 勇 (11)
一、农业生态系统导论	(11)
二、杂草与栽培植物间的关系	(19)
三、植物与昆虫之间的生态关系	(33)
四、植物病害发生与流行生态	(41)
第三章 植物医学的矿质营养学基础	张福锁 张西科 (58)
一、植物矿质营养在植物医学中的重要性	(58)
二、矿质营养与真菌病害	(61)
三、矿质营养与细菌的病毒病害	(63)
四、矿质养分与土体真菌和细菌病害	(64)
五、矿质营养与虫害	(64)
六、矿质营养与草害的关系	(65)
七、植物对矿质营养元素失调的反应	(66)
第四章 植物医学的抗逆生理学基础	王学臣 李颖章 (70)
一、植物抗逆性的生理基础	(70)
二、水分逆境对植物的影响	(83)
三、淹涝胁迫对植物的影响	(100)
四、盐分过多对植物的影响	(106)
五、植物对温度胁迫的适应与抵抗	(115)
第五章 植物医学的免疫(抗病)生理学基础	李怀方 (132)
一、植物免疫系统的特点	(132)
二、植物的免疫识别系统	(136)
三、植物的先天免疫性	(145)
四、植物的后天免疫性	(151)

第六章 植物对虫害的耐受与防御	管致和 (188)
一、植物表面与昆虫	(188)
二、植物的次生性代谢物与昆虫	(193)
三、植物对虫害的耐受	(205)
第七章 栽培植物对杂草干扰的耐受与防御	由振国 (210)
一、栽培植物对杂草竞争作用的耐受与防御	(210)
二、栽培植物对杂草的化感作用	(215)
三、栽培植物对杂草干扰的忍耐阈值与阈期	(225)
第八章 植物医学的药理学基础	江树人 (235)
一、植物对植物保护剂的吸收	(236)
二、植物保护剂在植物体内的代谢	(248)
三、植物保护剂对植物的影响	(255)
第九章 植物医学的环境毒理学基础	高希武 (277)
一、污染物的种类与来源	(277)
二、植物对环境污染物的敏感度及受害症状	(279)
三、空气污染对昆虫的影响(污染物—植物—昆虫的相互关系)	(284)

下篇 植物医学基本技术

第十章 生物害源引起的植物受害表征与诊断	肖悦岩 秦玉川 李孙荣 (292)
一、侵染性病害的表征与诊断	(294)
二、主要病原物所致病害的诊断特点	(301)
三、现代诊断技术	(307)
四、虫害的表征与诊断	(315)
五、杂草引起的植物受害表征与诊断	(318)
第十一章 非生物害源引起的植物受害表征与诊断	张福锁 李孙荣 (323)
一、植物营养元素失调病症状	(323)
二、植物矿质营养失调的诊断与矫治	(325)
三、除草剂引起的植物药害表征与诊断	(328)
四、生长调节剂引起的植物药害	(332)
第十二章 植物害源的综合控制	秦玉川 (335)
一、植物害源综合控制概论	(335)
二、植物害源的经济阈值	(336)
三、植物害源的治理技术	(337)
四、植物害源综合治理体系和效益评估	(339)
五、植物害源综合治理实例及分析	(342)
第十三章 生物技术在植物医学中的应用	张元恩 (350)
一、生物技术在植物医学研究中的概况	(350)
二、组织培养在植物医学上的应用	(353)
三、DNA 重组技术在植物医学上的应用	(355)

第十四章 信息技术在植物医学中的应用	沈佐锐 (369)
一、信息技术发展的新纪元	(369)
二、有害生物综合治理和植保系统工程中计算机的应用现状	(370)
三、植物医学图象处理和多媒体技术	(373)
四、植物医学地理信息系统和遥感技术应用	(375)
五、植物医学信息的网络化服务	(379)

第一章 绪 论

一、植物医学(Phytomedicine)概念

植物是人类直接或间接赖以生存的资源,理应受到保护。所以植物医学应该成为与人医学、动物医学并立的三大医学之一。

“医学是研究人体生命活动、防治疾病、增进健康、延长寿命和提高劳动力的知识体系和实践活动。”^[7]植物医学则是研究植物的生命活动,通过增进健康、防治疾病以提高其生产量及品质的知识体系和实践活动。由此可见,二者的差别只是工作对象不同和实现的直接目标不同,但后者的间接目标仍然是为了人类的健康。

近代的人医学大体概括为保健医学(health protective medicine)、预防医学(preventive medicine)、临床医学(clinical medicine)、康复医学(rehabilitation medicine)和老年医学(geriatric medicine 或 geriatrics)。它们也适用于植物医学。

医学认为“疾病(disease)是机体在一定病因的损害性作用下,因自稳调节紊乱而发生的异常生命活动过程。”^[3]这一概念同样适合于植物医学。但植物是定植在土地上不会移动的,栽培植物——植物医学的主要保护对象则生活在以它为核心的、特定的农田生态系统中。如果把一个农田生态系统划分为三个亚系统:栽培植物亚系统、提供栽培植物能源和生长条件(如矿质营养、土壤、光、气、温、湿)的亚系统和以栽培植物为能源的生物(如植食性动物、病原微生物、杂草、寄生性植物等)亚系统,三个亚系统分别都可成为致病因素。植物医学涉及这三个亚系统的方方面面。传统植物保护科学也以栽培植物为保护对象,但它基本上只涉及上述第三个亚系统——生物致病因素,所以传统植物保护的核心是“有害生物综合治理”(IPM),其支柱学科,如农业昆虫学、植物病理学、杂草学等,都是分别围绕某一类有害生物形成的分支学科。

“植物医学”这个词是德国科学家 Braun 于 1956 年提出来的^[12]。德国也是首先将昆虫等有害动物对植物造成的危害归属于植物病害的国家,但当时“植物医学”这个词并没有被广泛采用。到 1971 年,德国植物病理学家 Grossmann 在印度的一次讲演中对植物医学作了详细论述^[14]。

图 1-1 就是 Grossmann 提出来的关于植物医学的内容和学科结构。图中虚线将内容划分为 3 个层次:病原、植物病理和植物保护;图的四周(框外)列出了与各层次有关的学科。他认为植物医学没有被广泛接受的原因是:1)这门学科还比较年轻;2)过去的工作研究病原的多,研究疾病本身的少。后一点正是传统植物保护学科存在的问题。印度植物病理学家 Nema 于 1988 年出版了一本《植物医学:植物病害科学论著》^[17],虽然此书基本上是一本植物病理学,把虫害等非微生物因素都排除在外,但此书以较多篇幅论述了植物对病原物的抗拒,包括诱导抗性,则是一大进步。

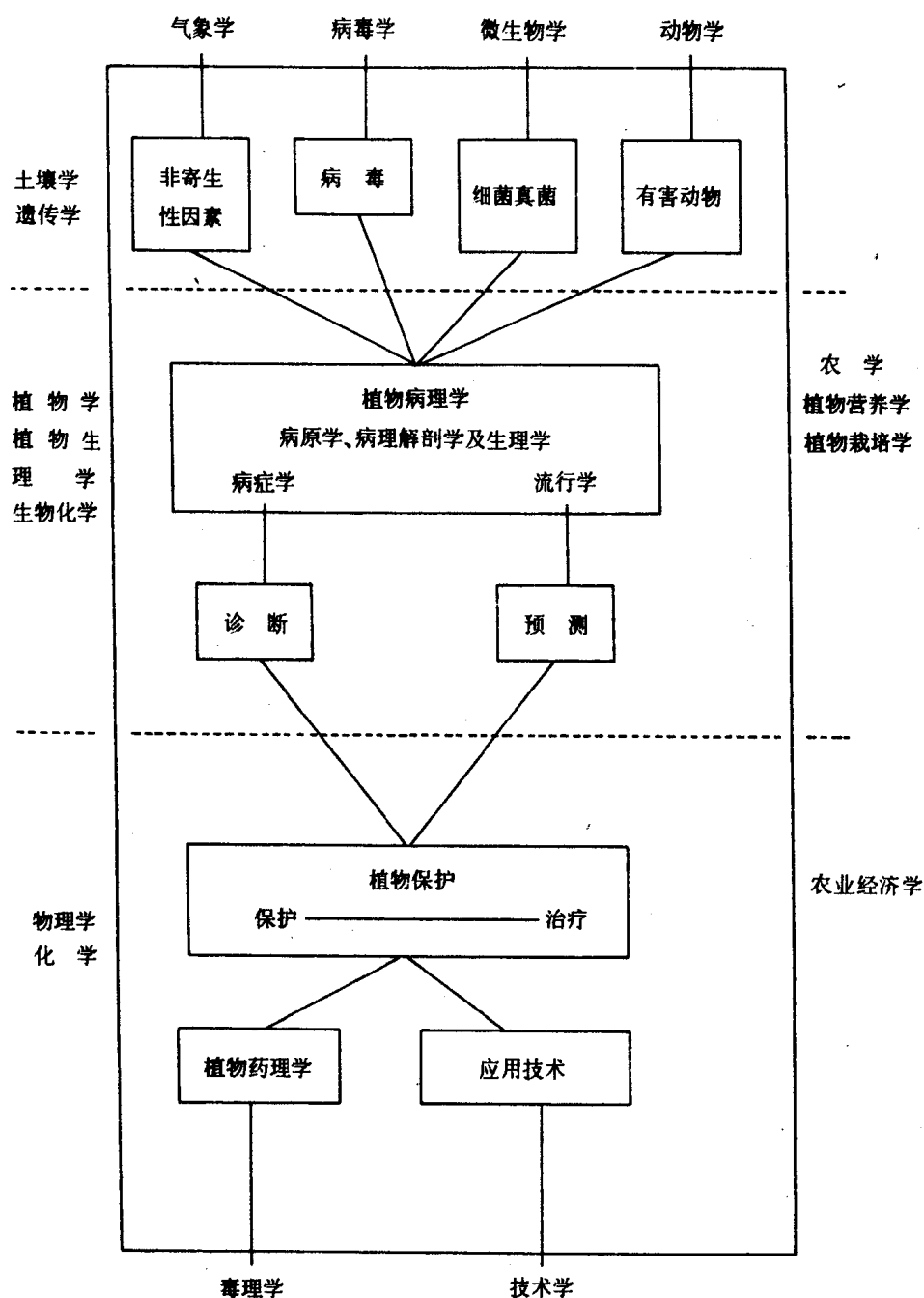


图 1-1 植物医学的构成及其有关的学科(Grossmann, 1971)

按医学的观点,提高保护对象的健康水平,充分调动、发挥它们的抗害、补偿、免疫功能是根本的,怎么强调亦不为过。恰恰在这一点上,Grossmann 的植物医学概念是有缺陷的。因为在 20 多年前,人们对植物的认识还是比较浅的,不大理解植物在受到伤害时,具有比动物更强的自稳调节能力。这正是“植物医学”这一名词的提出至今近 40 年而未能在实质上突破传统植物保护概念的原因。

如果 Grossmann 所提出的植物医学学科结构还存在什么缺陷,那就是缺少生态学科,

以保护对象(农作物)为核心的生态学及系统生态学。这是制定植物保健、治疗、康复优化方案的基础。

医学,不论是人医学、动物医学或植物医学,都是建立在对保护对象及其对病原(生物病原和非生物病原)的反应研究的基础上的,现代医学离不开营养学、内分泌学、免疫学等基础生理学科,舍此就无从理解病因过程,也就无从采取正确的中止病因过程的措施。从保健医学角度说,保健、提高免疫力是减少和控制疾病的根本措施。在超出病原受体对病原物的拮抗和耐受能力的情况下,采取局部消除病原物的预防措施(如检疫、防治等措施)也是必不可少的。

植物保护科学也研究如何保护植物,但植保工作者习惯于把植物的病原物作为研究的主要对象。这种现象在农业昆虫学中反映尤为突出。农业昆虫学把“害虫”的生活史、习性、行为、种群数量动态、测报、防治对策(或措施)等作为重要内容,把保护对象——植物,看成是昆虫的环境因素。昆虫学作为生物学的一个分支,把昆虫作为研究主体对象,是无可非议的,但当农业昆虫学作为植物保护或植物医学的一个组成部分时,它们之间的关系就像细菌学、病毒学等等与人医学的关系一样不可颠倒。因为植物医学把植物健身、抗害、耐害、补偿能力的提高作为控制疾病和减轻损害的重要手段。这是植物医学与植物保护科学在研究侧重点和处理手段方面的差别。

植物保护科学和植物医学都要求控制生物害源,即有害生物,都免不了使用化学手段,但在传统植物保护观念(以消除害源为主)的影响下,农药化学家们所关心的是如何杀死和为什么能杀死这些有害生物,同时尽可能不伤害高等动物和别的非靶标生物。国家药检部门在农药登记注册时,对上述要求都有明确规定。作为植物医学,选用农药时,不但要达到上述要求,还要看它对所保护的植物或作为害源载体的植物,有何影响。不论是杀菌剂、杀草剂、杀虫剂,对植物都有不同程度的影响,除了众所周知的“药害”之外,更有不出现表面症状的对植物代谢和组成成分的影响(参阅第八章)。青霉素、磺胺等都是很好的灭(细)菌消炎药物,但医生除了要知道这些药物的药效外,还必须十分注意不同的人对这些药物的反应,在医学上这是个常识问题。而恰恰在这一点上,植保工作者、农药工作者,以至农业药检部门,没有给以足够的重视,这也是植物医学有别于传统植保科学之处。

植物医学作为一门学科的出现,有它一定的时代背景和科学技术背景,时代背景主要指的是人工合成化学农药的发展和不合理使用所产生的不良后果:对人的急性和慢性(积累)中毒引起各类疾病^[13];对非靶标生物的伤害,导致生态系统良性动态平衡的破坏,最终危及人类自身的经济利益和健康水平,化学农药成为地球上重要污染源之一的问题,已经引起人们普遍的忧虑。植物医学可以对此做出贡献。

植物医学出现的科学技术背景,主要指的是植物学在与有关科学互相渗透和促进下有了重大发展,人们对植物作为生物体的认识有了质的变化。正是这些进展为植物医学奠定了基础。植物药理学、植物疾病诊断技术、诱导免疫、基因工程,以及植物疾病流行、中长期测报技术的研究进展,又为植物医学应用技术打下了基础,可见,植保学科的研究进展也为植物医学的诞生提供了条件。

植物医学是一门远未完善的新兴学科,这就是本书作为“导论”出现的原因,将这门学科

* 这里将害虫打引号,是为了强调所谓“害虫”并不一定都有害。

介绍出来,引起社会的重视,希望有更多的、不同学科的科技工作者,共同参与,共同扶持,使之逐步完善,则是本书编写的目的。

二、建立植物医学的重要依据——对植物个体的再认识

植物和动物都是生物,是进行着生命活动的个体,这是它们的共性,但长期以来,人们将植物看成是“死”东西。1938年出版的《辞海》把植物有别于动物的特点归纳为“一、无知觉,二、不能自由行动”。植物不能行动是客观事实,但与“死”无关,因为活着的植物都有生命活动。显然,认为植物无知觉是较普遍的,甚至一些科学名称如“植物人”、“植物器官”,无不寓意于无知觉,可是向日葵可以随着太阳转动,含羞草因受机械触动而小叶闭合,是人所共知的现象。这正说明植物能接受信号、传递信号,并能对信号做出反应,它们有知觉。

应该说,植物不同于动物的主要特点是不能行动。由于不能行动,植物不能躲避一切不利的环境因素;更由于植物需接受阳光进行光合作用,枝叶常处于伸展状态,因而更容易遭到不利因素的袭击。可以想象,在如此不利的条件下,植物还能在地球上生存、发展,必然具有比动物更强的自稳调节和御害能力。已经有大量的研究,尤其是近十多年来的研究,证明植物防御和抗拒外来侵袭不是被动的。这就是重新认识植物的非常重要的一个方面,也是植物医学得以建立的重要依据。(参阅第四、五、六章)

1 植物个体生命活动的整体性

高等植物具有根、茎、叶、花、果实等高度分工的结构,它们综合起来反映植物个体作为一个整体的生命特性。换句话说,个别结构(组织或器官)不能表达个体的生命过程,在生态学上,把这种现象表达为“整体大于部分之和”。当前植物生理学研究的一大趋向就是在个别发育上这些结构与功能如何协调起来发挥综合效应来维护在多变的环境下整体的生命活动和繁荣^[9]。

植物所处的多变环境中,还包括生物因素的侵袭和干扰(竞争)。既然自养植物是一切他养生物的能源,那么植物受其它生物的侵害以及侵害之甚是不言而喻的。全世界已知约100万种昆虫中,直接以植物为食的在48万种以上^[9];植食性脊椎动物虽然在种类和数量上不如昆虫,但它们的食量很大;使2200种经济植物造成病害的微生物(包括线虫)远在2800种以上^[14]。此外,还有大量的竞争植物,即经济植物地里的杂草。面对如此庞大的生物害源,植物不仅不是“无所作为”,而且能做出积极的整体反应。Maugh(1982)将植物与植食性昆虫的关系比作人类的武器竞赛,有了剑就有盾和盔甲,有了枪炮就有坦克,有了导弹就有反弹道导弹,有了间谍卫星就有粒子射线武器,这种争斗是无止境的^[16]。

对于不能行动的植物来说,产生化学物质是最重要的御害方法。植物所产生的次生性代谢物种类占总量的85%以上,已知达3万余种^[15]。植物的硬度、纤维量和营养成分也是重要因素,从植物演化的地质年代及相应的某类次生性代谢物的出现看,几乎都与当时出现的植食性动物相吻合,而这些动物至今还不能越过相应次生性代谢物的障碍(有毒、消化受阻或不适口性)而任意取食^[4]。已有许多研究证明,昆虫的暴食可以在数小时内诱导植物产生抗性代谢物,其中包括能降低消化力的丹宁、木质素和其它酚类化合物;生物碱和其它抑制神经传递的化合物;产生抗性蛋白的氨基酸类似物;以及一些快速反应物质,如可使细胞膜失

去稳定性的萜烯及羟化合物,或使蛋白质和核酸功能受到破坏的醌类化合物^[16]。

植物同病原微生物之间也同样存在着互相争斗的关系。植物具有和动物一样能抵御疾病的抗病基因,这在 40 年代初就已得到证实。使抗病基因通过诱导而得以表达,则是在 80 年代得到证实的。番茄以条斑病毒的弱毒系接种,可以防止该病毒强毒系的侵染,而且已经研制成 N14 疫苗在生产上应用^[2],这同牛痘接种几乎一样。可诱导植物增强对病毒抗性的 NS-83 诱抗剂也已研制成功,并已用于生产^[3]。已经发现,真菌、细菌、病毒、线虫都可以诱导植物产生抗性,乙烯、柳酸、脂多糖等都可以作为诱导物^[6]。对植物免疫学的研究已经证明,与动物免疫有关的干扰素、凝集素,在植物中也有^[11]。这说明,植物具有与动物类同的免疫系统。

植物抗害与诱导抗害都具有整体反应特性,都需有信息传递作为基础,这与动物的神经机能何等相似!

2 植物个体的镶嵌性

植物个体是“多部件”构成的整体,但各“部件”或其组分间存在着明显的异质性。这一特性使植物在多变的环境中增强了适应能力,或者说这是不能行动的植物的生态对策。

植物作为镶嵌体的例子很多。例如,雌雄同株植物有不同性的枝条;禾本科植物穗期的叶片有明显的功能分化;菊科植物 *Xathena texanum* 的一些植株中,根部染色体数目为 8,枝条则为 10。在同一植株上出现 2 种基因型,但双基因型植株与单基因型(染色体数为 8)植株的表型并无差异。据估计,一株 20m 高的尖叶杨(*Populus angustifolie*)在 10~100 年之间,每年出现 30 000 个芽,总计约 2 600 000 个芽,还不包括地下部分和形成层内的芽。通常,每 1000~100 000 个芽就可以发生一次基因突变,这就极难保证一株树木不会变成一个基因镶嵌体(genetic mosaic)。同样的道理,同株异花受粉的植物,开大量的花,90% 以上的花粉不能用于受粉,但为引起变异提供了更大的可能性。

植物个体产生局部变异,也为植物被诱导产生局部抗病、抗虫特性提供了可能性。植物中的部分次生性代谢物可以局部产生,例如植物防卫素(phytoalexins),一类低分子量抗微生物化合物,只在植物受微生物侵害的部分产生,并不涉及全株。植物中一些细胞对微生物侵害产生过敏死亡,形成枯斑,从而抑制了该微生物的继续入侵,也是局部的。在对悬铃木(sycamore)的研究中已证实,是受微生物侵害而死亡的细胞的胞壁片段,导致邻近细胞死亡,这一过程在 2h 内便能完成^[16]。在毛地黄(*Digitalis purpurea*)中,其整个发育阶段和叶形成初期,皂角苷含量高;在幼叶中强心内酯苷的含量高;到第 2 年的成熟叶中出现旋烷酮。植食昆虫必须同时面对三种毒素及其浓度变化的交互影响,显然是难以对付的。

以上阐述足以说明,植物不是“死物”,动物中存在的信息传递功能、免疫功能在植物中都有,而且由于不能行动,植物产生了比动物更强的抗害能力,在环境胁迫下有比动物更强的变异能力,植物的诱导免疫正与中医学理论不谋而合,或者说,这是人医学与植物医学的趋同现象。

三、植物医学的病因观

分析病因是预防、缓解和治疗疾病的依据。

非生物因素和生物因素都可以成为植物的致病因素。这两类因素分属于植物生态系统中的不同亚系统,性质截然不同。

非生物因素为植物提供生活条件,其中如光照、大气温湿度、降水、气流等是当前人类无法控制的因素,但年周期变化有比较稳定的规律,只要不出现突然或特别严峻的特殊情况(如春季植物萌动时突然降温、冰雹等),植物一般均能适应,不会成为致病因素。土地及肥力因素是可以预知的,而且多数是人类可以控制的,如改土、补施肥料、适当的灌溉或排水等。正是这些可控因素常常是直接影响植物健康的基本条件。土壤含盐量高、缺肥及微量元素、缺水及内涝等都可以成为植物的病因。既然保障保护对象的健康是医学的根本任务,给植物以良好的生长条件,自然是植物医学的重要组成部分,况且植物的健康与否还会影响它对生物病原造成疾病的抗性、耐性和补偿能力(参阅第三章)。非生物因素与植物的关系,从总体上说属于单向关系。前者可对后者产生影响,而后者影响不了前者(如光周期、大气候),虽然植物群体有时可影响局部气候、土质等。

生物病原通过向植物摄取营养、寻找庇护或在生活过程中释放有毒物质而使植物致病,其中摄取营养是最主要的。这些病原生物在农业上统称为“有害生物”(pests),分为4大类:昆虫和其它节肢动物、植食性脊椎动物、微生物、杂草。农业上的所谓“有害”,是经济概念,随着人们经济需要的改变,益害观念也会改变。茭白草(*Zizania caduciflora*)受黑粉病菌(*Venisa esculenta*)侵染后茎部肿大,对茭白草来说是疾病,但当人们发现这肿大的茎部(菱白)可以食用时,作为病原的黑粉病菌就成为益菌。柞蚕(*Philosamia cynthia*)本是林木害虫,当人们发现柞蚕丝有很大经济价值时,柞蚕成了益虫,柞蚕的多种天敌反而成了害虫,这类例子在农业上并不少见。从植物医学角度看,使植物健康受到影响的因素都应视为病因,至于是否需预防或治疗,则是另一问题。

植物与病原生物的关系属于双向关系,它们相互影响,相互适应,并且相互竞争而成为彼此演化的动力。它们都是生物,任何生物都有一定的耐害补偿能力。

从这两个特点出发,植物医学认为,即使有病原物也不一定影响植物健康,即使出现某些症状(如病斑、叶有缺刻),也未必影响植物生产力,关键在于病原物的数量水平,对经济植物来说,就是经济受害水平(economic injury level, EIL)。在这样的种群数量水平以下的病原物在自然中存在是有好处的。在微观上,病原物的侵害可以诱导植物产生抗性,增强植物的抗害能力,它们的关系正像动物中抗原与抗体的关系。在宏观上,少量病原物的存在,有利于维持良性生态平衡,即维护生态系统的稳定性。

农业上害虫猖獗、病害大流行,归根到底是农田生态系统中生物群落结构单调造成的,所以在很大程度上是人为造成的。马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus*)大暴发多在人造单林分松林中,而不在天然混交林中,就是明显的例子。因为群落结构越复杂,所形成的种群间网络结构也越复杂。它们互相制约,某一种群数量剧增的可能性极小。同样道理,农田少量杂草(不超过EIL)应该受到保护,而不应消灭。“除草务净”的口号和“彻底消灭(某病虫害)”的口号都是不可取的。(参阅第二、八、十一章)

植物还有第三类病因,即人干扰因素。农业生态系统中生物群落单调化,导致病原生物猖獗,是人不了解自然,违反自然规律的结果。如果这是人干涉自然造成的间接后果,那么还有人为的直接后果,即人造的大量化工产品进入生态系统。化肥、塑料地膜和农药是当前农业增产的重要条件,但对它们的不合理使用,恰恰成了损害植物健康的病因,尤其是成为农

药中“热门”的除草剂,特别引人注目。这些农业上常用的化学制品往往对植物形成“隐症”性疾病,有时则“滥杀无辜”。严重的问题还在于残留在农作物中的化学制品将通过食物危及人的健康;流失进入水域的化学制品,通过食物链逐级富集,最终损害人的生活环境和健康。虽然这类问题已超出植物医学范畴,但植物医学的建立最终还是为了人类自己的生存,正如法国有机化学家 Barbier(1976)所说,污染的同义词就是死亡!^[10]这里要补充说明一点,并不是所有人造化工产品都是有害的,也不是使用天然产物都是无害的。抗菌素本是天然产物,是人医、兽医常用的抑菌制剂。由于它们抑菌的广谱性常为人们所采用,但在植物医学上需慎重考虑。植物个体不是单体,而是有多种微生物与之协生的复合体。这正是微生态学得以建立的依据。抗菌素的应用有可能伤害非靶标微生物,导致植物体内共生微生物群落失衡,因而影响植物健康,这是一个医学上值得探讨的问题。

植物致病的病因既多而复杂,过去没有系统研究的报道,作为植物的预防医学,分析控制病因无疑是十分必要的。

四、植物医学实践

医学历来包括学科(Science)和技术(arts)两部分。顾名思义,前者是论述学科理论依据和理论体系的,后者则是将从理论形成的技术用于实践,植物医学是一门实践性很强的学科。作为一门完整的学科,植物医学的研究面广及整个植物界,正像植物保护、植物生理、植物病理等学科一样,其理论体系不可能仅仅建立在某一种或几种植物上,但作为实践,很自然会在保护对象上,即对人类有经济价值的经济植物上。而经济植物的概念,在不同经济领域中的人有不同的理解。最明显的例子莫过于中药材。已知药材植物广泛分布于菌类、蕨类、裸子植物、双子叶植物和单子叶植物中,多达 154 科,1243 种。其中许多是野生植物,或者是农田杂草。狗尾草(*Setaria viridis*)是典型的农田杂草,对玉米有毒害,而它是“清热消痞、杀虫止疼”的中药(根据中国医学科学院药物研究所西北旺药用植物试验场 1976《药用植物名录》,未出版),况且不少原属野生的,如人参、灵芝等等名贵药材,已逐渐成为人工栽培的植物,所以随着工作对象的不同,保护对象也就不相同。不同的植物有它特定的地理分布区,所以保护对象还常有一定的地域性。这些因素增加了植物医学实践的复杂性。

植物医学实践的复杂性还在于迄今人还不能直接与植物沟通信息,既不能“诉”,也不能“问”;还有,植物医学实践对象不是个别的个体,而是群体,或局部的地方种群,这些都是与人医学和动物医学所不同的。

植物医学的上述特点决定了对植物保健的重点应放在预防上,植物预防医学包括三部分:a. 以优良的耕作、栽培技术和合理的水、肥管理,保证植物的健康,即所谓“健身栽培”,健康是丰产、防害、耐害的基本条件。b. 尽一切可能利用植物的自然免疫和诱导免疫能力,特别是提高对特定病因的免疫能力。c. 以生态控制的办法减少有害生物种群数量,对外源种群,通过检疫、预测,做好防患准备;这里包括采用对植物安全、不污染环境的药物控制手段。上述三方面的完美结合,有赖于诊断学、流行病学和测报技术的紧密配合。对缺肥、缺素、水旱胁迫,以及病、虫、草害的早期诊断,均有较好的研究基础;利用自然免疫和诱导免疫已有突破性进展;有害生物的流行病学和测报技术已形成一套体系,这些成就,有些已超过人医学的相应学科和技术,为植物医学实践的可行性提供了保证。

在预防未能奏全效时,采取缓解病情和治疗疾病等措施在所难免。这些措施可概括为消除病因和恢复健康两大类。在非生物害源中,不利的天气条件会自然消除,需要的只是恢复健康。缺肥、缺素、旱、涝等问题,一经确诊,也只是采取补救性措施,以期恢复健康。消除生物害源,在植物保护中,由来已久。害源一经消除,仍须采取恢复健康措施,重要的是加强水、肥管理,促进生长,增强抗害免疫和补偿能力,这与预防医学的健身栽培基本一致。只是对于大量生长期不长的草本植物,纵然采取康复措施,往往在时间上已不容许。在农作物中,绝大部分是一年生草本植物,蔬菜生长期更短,在营养生长期,尚有一定恢复能力,乃至生殖生长阶段,尤其到产量已经形成时期,则无康复余地。这一特点决定了在植物医学实践中,预防的突出地位。人医学和动物医学中通用的治疗措施,很难在植物医学中比照运用。虽然刮治苹果腐烂病类似外科手术,也可向树内注射药剂杀虫,毕竟实例极少,而且多半是对多年生树木,这类方法在以群体为处理对象的植物医学中实际上不可能实现。而且,恰恰就是树木,如苹果树,受叶螨超经济受害水平危害后,显著减产表现在次年,这是受害的苹果树树势变弱的结果,所以仍需突出预防。

五、结束语

综上所述,植物医学的发展必须建立在调理植物整体,并把植物与害源作为一个生态体系的综合思维的基础上,同时采用先进的诊断技术及减少和消除害源的手段,这正是“中西医结合”的方式。

与人医学、动物医学相比,植物医学有它特殊的难度。其一是植物本身的特点:不能行动,尚不能与人直接沟通信息。这需增加人的主动性和预察性来解决;其二是植物医学处于初建阶段,大量问题有待进一步研究解决。好在与植物医学有关的特点的基础学科(植物生理学、矿质营养学、植物药理学、生态学)和应用技术学科(各类害源的诊断学、植物病理及流行病学、农业昆虫学、杂草学、农用药剂及毒理学)都已建立(参阅相应章节),只要围绕医学概念进行合作研究,难题可以逐步解决(参阅第二章)。

发展植物医学还有特殊有利的条件,那就是植物是最容易得到的试验材料,不容许在人体上作的试验,在植物上都可以做。例如,杂交试验、肢体移植(嫁接)试验等,在植物中已普遍开展;近年来在植物上开展的诱导免疫试验、细胞融合及转基因试验等,均较在动物上容易实现,而这些都将是植物医学的重要组成部分,这是人医学和动物医学无法相比的(参阅第五章)。

植物医学是一门多学科互相渗透、融合的科学。它有人医学和动物医学的经验可以借鉴,有数十年植保科学成就的基础,又有新兴生物技术作为前导,可以期望,其发展速度将会比人医学、动物医学更快。

参 考 文 献

1. 戴芳澜、相望年、郑儒永. 中国经济植物病原目录. 科学出版社, 1958.
2. 田波、覃秉益、康良仪、张秀华. 植物病毒弱毒疫苗——番茄条斑病疫苗. 湖北科学技术出版社, 1985.
3. 涂通令主编. 现代医学百科全书. 万国学术出版社, 1992.