

病毒应用于农业的一些进展

罗 明 典

(中国科学院微生物研究所, 北京)

SOME ADVANCES OF VIRUSES APPLIED IN AGRICULTURE

Lo Ming-dian

(Institute of Microbiology, Academia Sinica, Beijing)

寄生性病毒是农牧业上的自然天敌。它可使农牧业生产遭受严重损失，控制这些病毒的扩散和漫延是农业病毒工作者最紧迫的任务。1892年 Ивановский Д. И.首次发现病毒以来，至今30余年了，在这期间对农业上的病毒进行了较广泛的研究，并取得了巨大成就和进展，事实上，正在孕育着病毒学的分支——农业病毒学的形成。看来，条件趋于成熟，主要是各项研究工作取得重要进展，而且，某些成果在生产实践上得到了应用；另一方面，对农业上的病毒的研究在国际范围内朝气蓬勃地进行着，显示出它的生命力。有好些重大疑难问题（如肿瘤、慢病毒病等）已活跃地进行研究。随着现代科学技术的发展，这些“秘密”将会得到揭示，将会为人类做出重大贡献。本文收集到国内外部分文献资料，尽管不完整，但深感农业病毒学有大力发展之势，最重要之点在于它与农牧业生产实践紧密结合，并与经济效益密切相关。现分成七个问题作动态性介绍：（1）类病毒若干成果及其利用；（2）羊痒疫（scrapie）因子是畜牧业最危险的敌人；（3）DI颗粒是病毒制约病毒的“活工具”；（4）病毒用于消灭农业上的致病寄生菌；（5）噬藻体及其危害；（6）病毒用于消灭农业上五大灾害的前景；（7）病毒弱毒株在农业上的应用；最后是结束语。

类病毒若干成果及其利用

类病毒属于亚细胞生命体系中的一种，所谓亚细胞生命体系即指没有细胞结构的生命体系，也就是说，凡能控制其自身复制的核酸系统都看作是有机体的生命体系。其中类病毒是这个体系中的一分子，对它的研究颇为活跃，并取得较大进展。

1. 分类问题：国际上发现的类病毒已有十多种，现在应用 RNA 序列分析法很快地阐明类病毒独特的结构特性，因此，Diener T.O. 根据核苷酸的同源性，将类病毒分

成三类：(1)马铃薯纺锤块茎类病毒(PSTV);(2)椰子死亡类病毒(CCCV);(3)鲤梨日灼斑类病毒(ASV)。

2. 莖草(蛇麻草)矮生类病毒(SHV)核苷酸序列搞清楚。由290—300核苷酸组成,是类病毒中核苷酸含量最少的一个*,其分子长度 $77 \pm 1\text{nm}$,线状和环状,这两种形态均有侵染性。

3. 类病毒样RNA(viroid-like RNA)或称壳内类病毒(encapsidated viroid)的发现也就是说,病毒被含有类病毒即类病毒样RNA分子,两者互为有利、互为依存而形成一个分子整体,共同发挥其侵染致病作用。如果把两者分别侵染寄主,则不引起发病;如果把它们混在一起侵染植物寄主,即能引起植物病症,这种“类病毒—病毒”之间的分子“共生”现象的发现是有意义的。

澳大利亚科学工作者在绒毛烟斑驳病毒(VTMoV)、SNMV(*Solanum nodiflorum mottle virus*)以及苜蓿暂住性条纹病毒(LTSV)、南部菜豆花叶(斑驳)病毒(SBMV)等数种病毒粒子中含有一些小型类病毒状环状单链RNA(即壳内类病毒)^[2],它可以复制,如同类病毒那样作用于寄主植物,但它不能单独复制,而必须与病毒(实际上就是助手病毒)同时存在才能显示活性(注:在核苷酸二级结构方面与类病毒不同),由此可见,这种壳内类病毒与某一特定病毒“共生”的作用对大寄主是很不利的,它们的联合而共同显示出它们的寄生性和致病性,如果破坏它们这种“共生”关系的话,那么对大寄主病害的防治是很有实际意义的。

4. 类病毒弱株的利用,澳大利亚发现柑桔裂皮类病毒(CEV)中的弱毒株对其寄主不造成危害,而且有保护作用,它的存在可免受强毒株的侵染,并提高柑桔产量好几倍,为此要控制类病毒的有害性和利用类病毒的有益性就必须加强对类病毒强毒株的控制和使弱毒株永久性的延续,这是控制类毒病的生物学途径,也是类病毒应用研究的重要课题。此外,由于此类病毒对寄主植物的矮化作用,所以给果农采收工作带来了极大方便,提高了工效。

羊痒疫(scrapie agent)因子是畜牧业最危险的敌人

在绵羊、山羊中引起中枢神经系统退化性失调的这种病叫羊痒疫,致病的物质叫scrapie因子,它的分子量为64000—150000,这种因子与病毒、类病毒不同,仅含有一种疏水的具有侵染性的蛋白质分子,于1982年已经得到证实^[3],称这种侵染因子叫普利昂(prion),田波等称之为朊病毒^[4],它的侵染性不需要核酸。比任何“动物类病毒”还要小的一种侵染因子(分子量为50000,或者还要小,沉降系数为40—500S之间,最小病毒之一的小球病毒,S=100—110),像病毒那样,对热敏感,可因加强它的聚合作用而失去活性^[5],它应属于第二类亚病毒,同一般病毒比,具有一些特点:(1)能抗电离辐射,能忍受大剂量UV(254nm)和电离辐射以及超声波;(2)抗许多化合物如甲醛

* 核苷酸最大的是柑桔裂皮类病毒(371个);其次是马铃薯纺锤块茎类病毒(359个);再次是菊花矮化类病毒(354)个^[1]

等的钝化作用；(3)抗免疫系统的影响；(4)它的活性不受酶(如蛋白酶或核酸酶—RNase、DNase)等的影响；(5)在显微镜下还见不到它，这样对其作用本质的研究带来困难。

目前，对 scrapie 因子有三种不同的看法：(1)认为 scrapie 因子是没有外壳蛋白的 DNA 型类病毒，并具有侵染性；(2)scrapie 因子含有蛋白质(事实上 scrapie 因子的核酸不能翻译蛋白)是直接编码合成蛋白或诱发寄主基因完成合成工作，把这种侵染性蛋白叫 prion；(3)scrapie 因子侵染性所必需的蛋白是由寄主编码的，有人把它叫外灵诺(virino)，田波等把它与 prion 统称朊病毒。

但是，要把它提纯仍然是一个困难的任务^[6]，因为它总是与细胞膜结构结合得很牢固，难以从膜碎片上释放出来。然而，这种致病因子的潜伏期较长(如几个月、几年或十几年等)，逐渐变成慢性变性疾病，可以遗传，主要冲击中枢神经系统，大脑，如果病症一旦发生，是难以挽救的，最后死亡。

这种具有侵染性小蛋白质分子不带遗传密码，能够在人体、动物细胞中繁殖后代的一种生命形态，也可能是某些致命性疾病的根源，它依赖寄主 DNA 来制造自己的基因，能传种接代。当它侵入寄主(人、动物)后，能进行自我复制(繁殖)，似乎像病毒一样，可是它又不具自我复制的基因或核酸。这样，就很难制定它究竟是否属于生物？说到繁殖，它究竟是怎样繁殖的，还不能回答，均有待进一步深入研究。

DI 颗粒是病毒制约病毒的“活”工具

DI 颗粒(defective interfering particles)是 1970 年 Huang A.S. 提出的，叫缺陷性干扰颗粒，简称 DIP，它具有自家干扰的性质^[7]。

这种颗粒与一般正常病毒不一样，有四个显著特点：(1)缺陷性——它本身失去核酸组的一部分，因此不能增殖，也不能产生感染性病毒，(2)双重寄生性——需要两个寄主即细胞和正常病毒(或称助手病毒)，它只有依靠它类生命体系才能增殖生存；(3)干扰性——主要干扰侵染寄主的异源病毒的复制；(4)竞争性——由于它的双重性，可与寄生的正常病毒竞争，原来这种缺陷性干扰颗粒在寄主中不起什么作用(或处于潜伏状态)，当标准病毒侵染后便成为助手病毒，可提供其营养的需要，这样，有助于缺陷性干扰颗粒的增殖和制造蛋白质；另一方面，新进来的病毒便处于被寄生状态，它们竞争的结果，被寄生的病毒消亡，最后寄生者也停止其活动。

基于这些特点，缺陷性干扰颗粒具有干扰或消灭自身病毒的特殊功能，一方面有可能在医学界得到利用，因为病毒性疾病所使用化疗药物，尽管有一定的抗病毒作用，但往往对人体产生副作用，就干扰素大剂量临床应用，也可引起毒性反应^[8]，因此，把 DI 颗粒作为一种“活”的抗病毒制剂是完全有可能的。实验证明，DI 颗粒既应用于消除动物病毒的实践，也有可能用于制约植物病毒病的实践，我国古代广为流行的“以毒攻毒”的实践，或许是这一原理在“病毒寄生病毒”上的具体应用和科学验证，我国也在开展这方面实验研究^{[9][10]}，至于 DI 病毒颗粒是否成为人畜或植物抗病毒的有效制剂，有

待进一步深入研究，但不排除这种潜在的可能性；另外，对缺陷性干扰颗粒寄生病毒、病毒寄生其寄主的机理及其作用的规律性应作深入的研究。

关于 DI 干扰的机理：

由于 DI 对 RNA 多聚酶比标准病毒对 RNA 多聚酶具有更大的亲和力，这样，在核酸复制过程中，两者竞争多聚酶，DI 粒子往往占优势，这就必然导致标准病毒粒子的子代产量降低。

由于 DI 颗粒缺损一段核酸，比标准病毒核酸短一些，有人用电镜观察到，前者甚至只有后者的 1/3 长^[11]，这样复制起来，DI 颗粒就要快些，利用 RNA 多聚酶当然比标准病毒占优势，从而干扰标准病毒的正常生长^[12]。

病毒用于消灭农业上的致病寄生菌

农业上最需要的是有益于农业生产的细菌，它们天然的生命活动为农作物创造有益生态环境和营养环境，如行共生固氮的根瘤菌为作物生长发育提供氮素营养和各种维生素等，但它们在自己生命活动中往往遭受某些自然天敌的攻击，其中有两类生物因子对根瘤菌危害最大：（1）根瘤菌噬菌体（*rhizobiophage*），它的存在不仅使农业上的菌肥，而且像苜蓿根瘤菌工业化生产维生素 B₁₂ 均受到严重影响，由于它的侵染而使根瘤菌失去活力；（2）蛭弧菌（*Bdellovibrio*）如根瘤菌蛭弧菌，凡是有根瘤菌存在的地方，都有可能受到蛭弧菌的危害，其功能类似一般的细菌病毒，能通过细菌滤过器，噬细菌而出现溶菌斑，检测方法也同细菌噬菌体的方法，但它又不同于病毒，而系典型的细菌，有一般细菌所具有的特征，它仅有一条端生鞭毛^[13]。

1970 年从一种非寄生的蛭弧菌噬菌体（*Bdellophage*），以后在寄生的蛭弧菌中也发现类似的噬菌现象，这种噬菌体表现出严格的寄主专一性，它的侵染性与常规噬菌体的作用相似，当噬菌体侵入细胞周质中进行增殖时，这样便使寄主细胞破裂，噬菌体从此释放出来，比其一，其次，通过酶促作用而裂解细胞壁，导致细胞破裂而释放；第三，通过侵入孔（即进入数位点）而被释放出来，但实质性的释放机制还是不清楚的^[13]。但也有可能在寄主细胞中以溶源状态存在，保持其潜伏性的延续，一旦通过某种诱变因子的作用，该噬菌体的溶源状态便激活起来，它的进一步发展无疑对其寄主会造成严重威胁，最后寄主以毁灭而告终。

除细菌外，在藻类中也发现寄生菌，它们专门是以藻类活体作为营养性寄生活动的寄主，如噬小球藻蛭弧菌（*Bdellovibrio chlorellavorus*），它侵入破裂的细胞壁，以活体为寄主，赖以生存和繁殖^[14]，但这种噬藻蛭弧菌和噬细菌蛭弧菌有很大的类似性，两者有区别，前者以活藻为寄主，系外寄生物，后者以活细菌为寄主，系内寄生物，这种藻类外寄生物是否也存在着噬菌体呢？尚未见报道。

噬藻体及其危害

所谓噬藻体 (Algophage) 指的是藻病毒 (phycoviruses) 或噬兰藻体 (Cyanophage)，统称噬藻体为好，因为它的寄主不限于兰藻，还有在红藻、绿藻、褐藻和轮藻中也有类似病毒粒子。

1963年Safferman R.S. 和 Morris M.E. 在美国第一个从污水中分离到这噬藻体，能裂解鞘丝藻 (Lyngbya)、织线藻 (Plectonema) 和席藻 (Phormidium)。随后在颤藻 (Oscillatoria) (Ueda K 1965) 如 *O. chlorina*、珊瑚轮藻 (*Chara corallina*)^[15]、小球藻 (*Chlorella*) 以及鞘藻 (*Oedogonium*)、红藻、褐藻中均发现有噬藻体。1972年苏联学者 (Gromov B.V. 1980) 以绿藻 (如 *Chlorella*) 培养液中分离到噬绿吸血弧菌 (*Vampirovibrio chlorellavorus* com.nov.) 是一类专门吸附在绿藻 (系其核生物) 细胞壁上营外寄生生活，离开了寄主活体则不能繁殖^[16]。

固氮蓝藻有25个属如念珠藻 (*Nostoc muscorum*)、*Gloeocapsa* sp.、*Anabaena azolla* 等，有的行自生固氮作用，有的 (鱼腥藻) 与水生蕨类 (如满江红) 建立共生关系，即称红藻 (*Azolla*)，有的 (如念珠藻) 与真菌 (如子囊菌和担子菌类) 建立共生关系，即称地衣 (能固氮，耐干旱、耐负脊，对促进岩石分化、土壤形成过程有重要意义)，它们对农业增产均有十分重要意义。可是这些年来，发现某些兰藻存在着噬兰藻体 (*Cyanophage*)，实际上也是一种噬菌体，因为有人把兰藻作为一种原核生物，与真细菌并列称之为兰细菌 (*Cyanobacterium*)，如同真细菌一样，而属于原核生物系统所具有它的基本特征^[17]。而这类噬藻体与大肠杆菌噬菌体 T 系偶数型很类似。它除裂解单胞兰藻外，还裂解念珠藻 (如 *N. muscorum*)，无疑，它们的存在对兰藻的两个主要特定功能——光合作用和固氮 (N_2) 作用——起着严重的破坏作用，对于自然界的能量转换和物质循环是一个严重的破坏；因此，研究和控制噬藻体这种寄生物对农业生产的发展有着十分重要意义。

另外一类织线藻的固氮活性也受噬藻体的影响，侵染20小时以内，固氮活性无明显变化，只有当细胞裂解的前几小时，固氮活性迅速下降。这可能与 (1) 细胞代谢功能破坏；(2) 固氮酶被钝化；(3) 细胞核酸和蛋白质的合成功能受破坏等有密切关系，这是噬藻体对藻类起着严重破坏作用；但另一方面，噬藻体与其寄主关系也存在着溶源状态^[18]，这种温和噬藻体与宿主细胞一起进行复制，持续到若干世代。一旦外来因子 (如紫外线、温度、X-射线、化学物质等) 的影响便促使宿主细胞裂解，而噬藻体被释放出来。

上面谈的主要是藻类的有益性遭受噬藻体的危害，这是一方面，另一方面，某些藻类的大量繁殖对鱼类养殖业带来危害，如微胞藻 (*Microcystis*) 和念珠藻在鱼类养殖区内大量繁殖、死亡、腐败而污染水域，同时减少氧的含量，使鱼类死亡，因此，利用噬

*施用水稻田，每年可提供氮肥 (固氮) 335—670公斤/公顷，(英国)，我国有关单位资料指出，20—40公斤/亩，为水稻增产10—15% (郝金祥编著，土壤微生物，1982年科学出版社)。

藻体来控制这类藻的危害，对鱼类养殖业的发展是有意义的。已知噬藻体有类似蛭弧菌的性质，但它属于病毒，它能够噬小球藻等，而且具有严格的寄生性，一旦离开宿主则失去功效，它还“杀死”某些微胞藻和念珠藻^[19]，在这种情况下利用噬藻体的特定功能既控制藻类的危害，又保护鱼类的生存。

病毒用于清除农业上几大灾害

农业上的灾害严重地影响农业增产丰收，生物防治足有巨大潜力的，是项行之有效的生物学措施。正在应用和发展这项生物技术。

虫害：在650种昆虫病毒中约有60种曾用来防治农作物、森林和仓库的鳞翅目幼虫、植食性螨类和甲虫，显示出专异性特效，对脊椎动物没有毒性，其中有12种有生产使用价值，有三种已注册商品化生产、如棉铃虫核多角体病毒(NPV)，用于防治棉铃虫和蚜虫，松毛虫胞质多角体病毒(CPV)在美国也大量生产使用^[20]，如果用纯化这种杆状病毒(如*Baculovirus heliothis*)^{*}治虫虽产生良好效果，但不抗紫外线，在热带阳光下几小时就衰变，如果用死虫得来的粗制病毒制剂，则不易受外界阳光的损害^[21]。目前在美国生产的核多角体病毒制剂，是“用人工养虫、接种传病，然后将死虫烘干，磨成粉末，冷冻保存”的方法，所得产品，实际应用效果较好，也有研究应用组织培养和遗传工程技术来提高杀虫力；或构建“工程菌”(酵母、细菌)以大规模实行工业化生产。

通过生产实践证明，杆状病毒用于防治鳞翅目害虫是有发展前途的。这种杀虫剂有几个优点：(1)专一性强，对人、有益昆虫、鸟类、哺乳动物等无害；(2)在昆虫体外长时间(10—15年)保存不失活；(3)对环境、温度、土壤湿度变化有耐性，可是胞质多角体病毒的耐性比核多角体病毒、颗粒体病毒还要好些；(4)防治效果好，实验室条件下害虫死亡率达100%，防治效果可与化学农药相比拟，我国从桑毛虫得到的杆状病毒(核多角体病毒)杀幼虫率70%，19天后达到98.4%^[18]。

另外，在防治害虫中寄生蜂已得到实际应用，最近发现一种对马蜂有益的侵染因子—含DNA蜜蜂病毒，它侵染马蜂后，可使其卵和幼虫得到保护，如马蜂在其寄主鳞翅目幼虫体内产卵和发育的话，那么对卵的保护作用更加有效。这样更有利于寄生蜂幼虫来消灭其寄主，避免作物遭受损害，这种病毒有着罕见的特殊性。(1)它对寄主的侵染不是以寄生的形式存在，对寄主不是有害，而是有益；(2)它的DNA在病毒外壳内是以244个独立环，而不是单分子实体排列着；(3)这种病毒为什么使卵不受鳞翅目幼虫免疫系统的影响(即使免疫系统失灵)，卵在那里正常得到孵化发育^[22]。

病害：农业上的细菌病害也是相当普遍的，有人利用噬菌体来处理种子消灭某些细菌病害，如棉角斑病黄杆菌(*Xanthomonas malvacearum*)玉蜀黍萎病杆菌(*Bacterium stewartii*)的病害，也有用噬菌体防治植物细菌性溃疡病、马铃薯病害获得肯定结

*系实夜蛾杆状病毒，杆状，双链DNA的昆虫病毒，在美国第一个商品化生产的病毒杀虫剂(商品名叫Ecar)，我国武汉病毒研究所于1982年也生产类似产品应用于生产实践，效果良好。

果；噬菌体防治烟草细菌性疫病菌 (*Pseudomonas tobacum*)，防治马合烟 细菌性疫 病菌产生良好效果 (98%)，噬菌体对水稻白叶枯病菌等也有效，但噬菌体受其他生态因子 (如阳光、植物汁液、土壤粒子吸收力) 的影响而迅速钝化，因此，在实践上应用还需要克服噬菌体防治病害所遇到的困难^[18]。用真菌病毒防治植物 病原真 菌的可能性，如粟疫病病原菌 (如 *Endothia parasitica*) 存在致病力弱的菌株，带有 dsRNA (dsRNA 病毒型是真菌病毒特有的)，它的传递与低毒力表现有关，利用这种传递方式来控制病原真菌的危害，并用于生物防治或许是可能的^[23]。

目前在生产实践上显见成效的马铃薯脱毒技术已取得经济效益，这项技术为解决我国马铃薯退化，大幅度提高马铃薯产量提供一条有效途径，正在推广应用，增产幅度 50%以上^[24]。

草害：由于病毒是某些植物的重要致病因子，所以人们用它来清除一些杂草，这是完全可能的。苏联用烟草花叶病毒能减轻龙葵的病害，使用浓度 (0.01—0.1毫克病毒粒子/毫升溶液) 处理二周之后，感染率 (指具有病症的嫩枝数) 为7.5--46%^[25]。

有人利用病毒清除水池中的蓝藻产生良好效果，如利用Lpp-1 (系一种蓝藻病 毒和称蓝藻噬藻体(*Cyanophage*，它是因噬林氏兰藻 *Lyngbia*、织线 兰 藻 *Plectonema* 和席 兰 藻 *Phormodium*而取其学名头一字母所组成的) 病毒清除水池中蓝藻是有效的。3800升贮水池接种100毫升Lpp-1病毒制剂即可在一 周内使这些藻类群不断减少，这种作用 (病毒的寄生力) 对水稻田里所分布的兰藻所产生的实际效益带来不利，因为噬藻体不能使兰藻执行它的独特固氮功能^[26]。

冻害：美国的谷物因遭受冻害，一年造成的损失高达10亿美元，全世界可达60亿美元，因此，农作物冻害的防治是一个现实问题，冻害是由于作物表面形成冻霜的结果，而冻霜又同某些细菌有关系。如生活在土壤中的丁香假单胞菌 (*Pseudomonas syringae*) 和草生欧代菌 (*Erwinia herbicola*) 能提供冰凝结核中心，即 0 ℃时加速植物的冻害^[27]。这些细菌随种子萌发而带入植物表面，由于它具有冰凝结核中心的功能 (受基因控制)，容易在低温条件下造成作物冻害。

为防治冻害(1)改变菌的基因结构，使其失去霜冻特性 (即不引起冰结晶的形成)，从而使作物免受冻害；(2)噬菌体的利用。它是霜冻细菌的自然天敌，科罗拉多大学科学工作者分离到消灭冻害细菌的噬菌体，这种噬菌体必须依附寄主菌才能生活，离开它就不能生存，或在紫外灯下也即失去活性，为了更有效地消灭这种霜冻细菌，在实验室条件下用霜冻细菌侵染豆类植物使之冻害，然后用所获得的噬菌体进行处理，可以在几小时内消除这种冻霜细菌达90%^[28]。主要由于噬菌体侵染细菌寄主后，向其体内“注入”自身的遗传物质而大量复制 (繁殖)，其结果使霜冻细菌爆炸性地消亡，其优点：不危害作物，不造成环境污染。

霜冻细菌也可以使之转害为益，利用它制作人造雪，供应夏季滑雪胜地之用，还可充当空气冷却器，用细菌造雪可控制雪的结构，使雪在冷冻时间保存时间长一些。这种细菌就是一种假单胞菌，将水灌入造雪机中，加入这种细菌，然后用压缩气枪将水喷洒出去，喷出的微小水粒在寒冷的气温下冻结成雪花。机器需水 40 加仑/分，菌的使用量取决于气温，-7 ℃时，一台造雪机用1000加仑造雪，只需 7 克细菌，0 ℃ (冷点)，

细菌要增加到250克，使用菌的量多，人造雪就越干燥，越蓬松^[28]。

病毒弱病株在农业上的应用

病毒弱株是通过热处理或化学处理使病毒毒性人为地减弱而获得的，系一种弱化了的病毒，不引起病症。它不仅在农业，而且在畜牧业上得到实际应用。日本、中国以及欧洲等国家利用病毒弱毒株防治由TMV引起的番茄花叶病毒病，产生明显的干扰作用，在健康植株上接种弱毒株后，再接种强毒株系，植物则不发病，说明弱毒株对强毒株起着干扰作用^[30]，日本在番茄上经四代繁殖所获得的弱毒株病毒($L_{11}A_{327}$)经盆栽实验证明，弱毒株对强毒株(TMV)显示出干扰效果，并有消除的作用，从而防止了作物减产^[31]，荷兰学者用亚硝酸诱变TMV普通株系获得弱毒系MⅢ—16，苗期进行实验，效果良好，英国也有类似的研究^[32]。法国也正在研究植物病毒弱毒株的利用，能使茄科蔬菜作物减轻病毒的危害^[33]；另一方面又使其寄主植物获得免疫性，在自然条件下也表现这种免疫性的获得，如某些病原体病毒侵染寄主后，发生严重病变，出现明显病症，但病症恢复后，再用这种病毒接种寄主，则表其抗病力，不再表现病症(获得免疫性)。日本科学工作者正在利用病毒弱毒株(钝化后的病毒)作为疫苗在实践上得到应用。向寄主植物接种这种疫苗，则可使植物产生免疫力，预防植物病害的发生，从而防止减产，多年的实验证明，利用病毒弱毒株防治花叶病取得良好效果，未发现带TMV的番茄株，小黄斑也没有^[34]，我国科研工作者用亚硝酸诱变获得两株TMV突变体即N₁₁和N₁₄(系弱毒株系)，在番茄和烟草上无病症表现，接种N₁₁后，使番茄发病率降低10%，增产11.34%，这是特异性免疫，只能干扰同种病毒的强毒株系^{[35][36][37]}，和日本的L₁₁₋₄、欧洲的MⅡ—16相似好些国家发现TMV弱毒株有增产之效，Jilaveanu A.^[38]指出，弱毒株可获增产21.7%，苏联使用弱毒株TMV57，可使番茄增产20—30%^[39]。我国又首次研制出抗番茄花叶病毒(TMV)的弱毒株疫苗，即用这种弱毒株汁液喷到健状的番茄苗上，使植株产生免疫力，有效地减轻病害，还有促进番茄早熟，此项技术在北京地区得到应用^[40]，有明显增产效果^[41]，在青椒病毒病防治上也得到应用，1984年开始生产瓶装弱毒株疫苗，用于科研与生产^[42]。

弱毒株系不仅在草本植物而且在木本植物病毒病的防治上得到应用，如从非洲传入南美的柑桔速衰病(*Citrus trasfiza*)，仅20年间毁灭了阿根廷、巴西、乌拉圭的柑桔业，后来科研工作者从严重病症的果园中筛选弱毒株的幼苗作接穗，对强毒株表现显著的桔抗作用，1980年已嫁接800万株，成绩很大。这种弱毒株在苹果病毒病、可可肿枝病等方面的应用均在试验中，然而对其他植物是否产生有害的作用，有待通过实践进行证实。

病毒弱毒株疫苗用于畜牧业上防治马传贫(即马传染性贫血症)已取得重要进展，已知马传贫爆发时，往往造成马匹的大量死亡，1840年发现这种病是由小型RNA病毒引起的，患过此病的马终身带毒，反复发病，难以制服的顽症，我国成功地创制世界上第一个马传贫弱毒疫苗，几年来对2000万匹次的预防注射，取得显著效果，获得巨大的经济效益。

由于弱毒株是活体，因此它在不同寄主、不同环境里，是否仍保持持久而稳定的特性？是否存在回突变的可能性等等这些问题都应引起足够注意。但也有些专家建议限用或不用弱毒株，其原因有三：（1）弱毒株至少也侵染植物，也会有轻度减产；（2）久而久之，这种弱毒株可能成为其他作物的侵染原；（3）假若某些弱毒株逐渐转为强害株，或与其他病毒混合（杂交），也许引起病害的激增。基于这几点，认为使用弱毒株系宜慎重。尽管观点各异，但由于弱毒株在防治作物病害上无毒害，有效果，促进增产，较为稳定，所以弱毒株作为一种疫苗在生产实践上应用，把它看作一个新的事物在发展着。

结 束 语

病毒作为微生物亚细胞生命体系中的重要分子已引起广泛的注视。从发现病毒至今九十几年的研究同实际应用所取得重要成就和进展充分证明，病毒与农业的关系十分密切，病毒对农牧业的作用以及对它的利用已产生积极的结果。因此，研究农业上的病毒及其发展不仅是病毒学发展的一个重要方面，也是生命科学中最活跃的领域。我们的任务是（1）大力加强对农业上的病毒资源的开发研究，包括有害和有益病毒的研究及其控制；（2）重视对于潜伏在农业上的或尚未被发现的那些有重大经济意义的病毒的研究，研究它的寄生性、致病性、生态性及其作用的规律性是更有效控制农业上的病毒为生产建设服务的科学基础。展望未来，随着经济建设的需要和现代科学技术的发展，对农业上的病毒的研究有大力发展之势，农业病毒学将在我国诞生和发展，它将不仅为整个病毒学或生命科学的发展，而且为国家经济建设做出巨大贡献。

主要参考文献

- [1] Ohno, T. et al., 1982, *Virol.* 118(1):54-63.
- [2] 罗明典, 生物化学与生物进展 1983, 3:76-77。
- [3] Prusiner, S.B., 1982, *Sci.* 215:136-144.
- [4] 田波等, 1983, 世界农业 10:21-23。
- [5] Rohwer, R.G., 1984, *Sci.* 224(4636):600-602.
- [6] Diener, T.O., 1983, *American Scientist* 9-10:481-489.
- [7] Huang, A.S., 1983, *Ann. Rev. Microbiol.* 27:101-117.
- [8] 侯云德, 1981, 干扰素 人民卫生出版社。
- [9] 吴章琦等, 1985. 病毒学集刊 4:193-201。
- [10] 吴章琦等, 1985, 中华微生物学和免疫学杂志 5(1):55-58。
- [11] Rao, D.D. et al., 1973, *PNAS U.S.A.* 70:3742-3745.
- [12] 武亚明, 1983, 国外医学—微生物学分册 4:150-153。
- [13] 罗明典, 1979, 微生物学动态 8:551-567。
- [14] Громов, Е.В., 1972, Микроорганизмы—паразиты Водрослей, АРУ.

- [15] Gibbs, A. et al., 1975, *Virol.* 64:511—574.
- [16] Громов, Б.В. и д. р., 1980, *Микробиология*, 49(1):165—166.
- [17] Buchana, R.G. et al., 1974, *Bergeys Manual of Determinative Bacteriology* (8th ed.) Baltimore.
- [18] Singh, P.K., 1975, *MGG.* 137(2):181—183.
- [19] 罗明典, 1979, 微生物学动态 1:13—28。
- [20] 尹莘耘, 1982, 应用微生物 3:1—4。
- [21] Hussey, N.W., 1982, *世界农业* 7:37—41.
- [22] Summers., M. 1982, *CEN* 60(24):19.
- [23] 梁平彦, 微生物学动态 6:208—217。
- [24] 李玉麟, 1984, 科学报 6。
- [25] Анон., 1982, *Земледелие* 6:26.
- [26] 罗明典, 1980, 微生物学动态 1:1—9。
- [27] Walton, A., 1983, *Genet. Technol. News*, 3(9):2.
- [28] Miller., J.A., 1983, *SN*. 124(9):132.
- [29] Анон., 1983, *Economist* 289(7316):93.
- [30] 长井雄治, 1983, 化学与生物 21(1):12—13。
- [31] 大岛信, 1983, 植物病理学译丛 5:118—123。
- [32] 本石泉, 1983, 微生物学杂志 3(3):46—56。
- [33] 本岩泉, 1982, 世界农业 11:31—33。
- [34] 谷沢卫, 1979, 农业技术研究(日本) 37(3):58—61。
- [35] 张秀华等, 1982, 微生物学报 22(2):145—150。
- [36] 张秀华等, 1980, 植物病理学报 10(1):49—54。
- [37] 田波等, 1980, 植物病理学报 10(2):109—112。
- [38] Jilaveana, A., 1977, *Acta Horticulture* 59:439—444.
- [39] Власов, Ю.И., 1979, *Защита Растений* 7:20—23.
- [40] 于元江, 1984, 光明日报 1, 4。
- [41] 张秀华等, 1981, 中国农业科学 6:78—80。
- [42] 杜文亮, 1983, 现代农业科研 2:12—13。