



我国微生物防治害虫研究的成就*

李荣森 罗绍彬 张用梅 陈涛

(中国科学院武汉病毒研究所, 武昌)

我国微生物防治害虫的研究在中华人民共和国成立前就已开始, 当时有利用病死野蚕制成浆液防治桑螟的记载, 蒲蛰龙在 1941 年曾进行过细菌防治菜粉蝶的试验。但是, 这项研究只是在新中国成立后才受到重视, 得到了较快的发展。建国初期, 对白僵菌 (*Beauveria bassiana*), 苏芸金杆菌 (*Bacillus thuringiensis* Berliner) 进行过试验^[1,2]。1959 年和 1961 年又先后对苏芸金杆菌苏芸金变种 (*B. thuringiensis* var. *thuringiensis*) 和青虫菌 (*B. thuringiensis* var. *galleariae*) 进行过研究和应用试验^[3-8], 随后即开始工业生产。刘崇乐等在 1962 年详细综述过苏芸金杆菌研究的进展^[9]。由于对昆虫病原研究取得了进展, 应用微生物防治害虫的效果得到了肯定, 这项研究工作受到了广泛的关注^[10-12]。1964 年举行了第一次全国生物防治学术讨论会^[13]。同时, 昆虫病毒的研究也取得了一定进展^[14-17]。至此, 我国微生物防治害虫的研究初步奠定了基础。

1966—1976 年间, 在我国分离到大量苏芸金杆菌的不同菌株^[18-22], 和其它多种昆虫病原细菌和真菌(见表 1) 及孢子虫等。还分离到多种昆虫病毒(表 2)。

目前全国苏芸金杆菌制剂的年产量约为 1 千吨。在生产工艺方面已有不少改进。60 年代试验成功了大型固体通风发酵的生产方法。1970 年以来, 简易固体发酵生产苏芸金杆菌和白僵菌制剂的方法已相当普及^[23-26]。目前, 一些单位正在进行机械化养虫和以组织培养增殖昆虫病毒的研究。

据统计 1977 年, 全国 23 个省、市、自治区微生物防治害虫的面积为 3507 万亩^[27], 其中 2000 万亩使用白僵菌, 1500 万亩使用苏芸金杆菌或其它昆虫病原菌, 病毒防治的面积为 7 万亩。

近十年来, 许多单位对昆虫病原进行了鉴定工作^[18-22], 在遗传育种^[28-30], 毒素^[31-33], 昆虫病毒的种类及特性^[14, 15, 34-45], 组织病理^[46, 47]、噬菌体及抗噬菌体菌株的选育^[48-52], 生物测定方法和菌剂标准化^[53, 54] 等方面开展了研究工作, 取得了一批成果。

1971 年举办的全国应用微生物展览会, 1972—1978 年召开的五次全国性生物防治害虫或微生物防治害虫科研协作会议, 以及各专业部门召开的全国性地区性植保会议, 对于微生物防治害虫工作的发展起了促进作用。

本文以国内各种刊物中已公开发表的论文和报告为主要根据, 对我国微生物防治害虫的研究情况分述如下。

我国的昆虫病原资源

一、昆虫病原细菌

(一) 苏芸金杆菌

我国已分离到 8 个变种^[18-22, 55, 56], 其中玉米螟变种 (*B. thuringiensis* var. *ostrinae*), 武汉变种 (*B. thuringiensis* var. *wuhanensis*), 天门变种 (*B. thuringiensis* var. *tienmensis*), 云南变种 (*B. thuringiensis* var. *yunnanensis*) 为新变种。

* 本文承陈华癸教授审阅。

1953 年曾从法国引进过苏芸金杆菌苏芸金变种^[1],后来还引进过青虫菌,苏芸金杆菌松毛虫变种 (*B. thuringiensis* var. *dendrolimus*),以及属于 H₁—H₉ 血清型的各变种。

从各地分离的苏芸金杆菌中,苏芸金杆菌蜡螟变种(*B. thuringiensis* var. *galleriae*)的出现频率最高。苏芸金杆菌类在我国分布广泛,以中南和华北地区较多。

(二) 金龟子芽孢杆菌

1974 年有关单位对引进的金龟子芽孢杆菌的生物学特征、致病性、感染方法和田间防治害虫效果等进行了研究。在此期间,各地也分离到一些金龟子病原细菌^[57]。已获得的一个新变种,定名为金龟子乳状杆菌蓬莱变种 (*B. popilliae* var. *pengleai*)。另从胸犀金龟甲和铜绿金龟甲的幼虫中分离到一株对多种金龟子幼虫有致病力的芽孢杆菌。

(三) 无芽孢杆菌

曾分离出不少这类菌株。如湖北省微生物研究所(现中国科学院武汉病毒研究所)于1971

年从斜纹夜蛾、玉米螟病虫中分离到数株红色短小的杆菌,初步认为是粘质赛氏杆菌(*Serratia marcescens*),并对该菌的生物学特性、培养条件及对小白鼠的毒性进行过研究,但该菌抗逆力差,未能加以利用。

二、昆虫病原真菌

建国前曾发现过 20 余种虫生真菌^[58],它们属于虫霉属 (*Entomophthora*)、虫草属 (*Cordyceps*)、白僵菌属 (*Beauveria*)、绿僵菌属 (*Metarrhizium*) 和多头菌属 (*Polycephalomyces*)。

建国以来,从各种昆虫中分离到许多虫生真菌菌株(表 1)。它们分别属于虫霉属、座壳孢属 (*Aschersonia*)、丛梗孢属 (*Monilia*)、白僵菌属、绿僵菌属、穗霉属 (*Spicaria*) 和拟青霉属 (*Paecilomyces*) 等。

三、昆虫病毒

据目前报道,我国已发现的昆虫病毒共 29 种(表 2)。主要是杆状病毒属(*Baculovirus*)的核

表 1 我国已报道的昆虫病原细菌、真菌

类 别	种 名	原 寄 主	文 献
细菌: 苏芸金杆菌 (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	苏芸金变种 (var. <i>thuringiensis</i>) H ₁	松毛虫,玉米螟、高粱条螟	[18, 60]
	天门变种 (var. <i>tiennensis</i>) H _{3a3b}	红铃虫	[20]
	松螟变种 (var. <i>dendrolimus</i>) H _{4a+b}	松毛虫	[18]
	肯尼亚变种 (var. <i>kenyae</i>) H _{4a+c}	菜青虫,一点谷螟,大谷盗	[18]
	蜡螟变种 (var. <i>galleriae</i>) H _{5a+b}	三化螟,二化螟,红铃虫,稻纵卷叶螟,蜜蜂,棉金刚钻,灯蛾,刺蛾,米蛾,蓖麻蚕,褶翅尺蠖	[18, 21, 56]
	玉米螟变种 (var. <i>ostriniae</i>) H _{4a}	玉米螟	[18]
	云南变种 (var. <i>yunnanensis</i>)	斜纹夜蛾	[22]
	武汉变种 (var. <i>wuhanensis</i>) 无鞭毛型	棉小造桥虫	[19]
	芽孢杆菌(俗名金龟子芽孢杆菌)	胸犀金龟子	[57]
	棉蚜杆菌	棉 蚜	[61]
其它芽孢杆菌 (<i>Bacillus</i> sp.)	白僵菌 (<i>Beauveria bassiana</i>)	玉米螟,松毛虫,大豆食心虫,褐飞虱,黑尾叶蝉,瓢虫,蜂蟻	[62]
	纤细白僵菌 (<i>Beauveria tenella</i>)	同 上	[63]
	绿僵菌 (<i>Metarrhizium anisopliae</i>)	黑色金龟甲,阔胸金龟甲	[62]
	绿穗霉 (<i>Spicaria praeina</i>)	斜纹夜蛾	[64]
	紫赤穗霉 (<i>S. rubrodopurpurea</i>)	榨蚕寄生蝇蛹	[65]
	圆孢虫霉 (<i>Entomophthora sphaerosperma</i>)	菜粉蝶,金花虫,菜蛾	[66]
	座壳孢属 (<i>Aschersonia</i> sp.)	白粉虱	[6]
	丛梗孢属 (<i>Monilia</i> sp.)	棉铃虫等	[67]
	棒束孢 (<i>Isaria</i> sp.)	云天蛾、茶毛虫、中白尺蠖、茶白卷叶蛾、茸毒蛾	[68]
	“刺棉蚧多毛菌” (<i>Hirsutella</i> sp.)		[69]
真 菌	蚜霉菌 (<i>Entomophthora aphidis</i>)		[70, 100]

表 2 我国已报道的昆虫病毒

种类	原 寄 主	文献
核型多角 体病毒	棉铃虫 (<i>Heliothis armigera</i>)	[36,71]
	桑毛虫 (<i>Euproctis similis</i>)	[34]
	马尾松毛虫 (<i>Dendrolimus punctatus</i>)	[72]
	斜纹夜蛾 (<i>Prodenia litura</i>)	[37,41]
	小地老虎 (<i>Agrotis ypsilon</i>)	[41]
	甜菜夜蛾 (<i>Laphygma exigua</i>)	[41]
	甘蓝夜蛾 (<i>Barathra brassicae</i>)	[41]
	粉纹夜蛾 (<i>Trichoplusia ni</i>)	[73]
	绿刺蛾 (<i>Parasa sinica</i>)	[41]
	扁刺蛾 (<i>Thosea sinensis</i>)	[41]
	黄刺蛾 (<i>Cnidocampa flavescens</i>)	[41]
	杨毒蛾 (<i>Leucoma salicis</i>)	[41]
	柳枯叶蛾 (<i>Bhima undulosa</i>)	[38]
	褐刺蛾 (<i>Thosea baibarana</i>)	[41]
	天幕毛虫 (<i>Malacosoma neustria lestraces</i>)	[41]
	木棉尺蠖 (<i>Culcula panterinaria</i>)	[41]
	葡萄天蛾 (<i>Ampelophaga rubiginosa</i>)	[41]
	大蓑蛾 (<i>Cryptothoelea variegata</i>)	[41]
	尺蠖 (<i>Acidalia cartucaria</i>)	[41]
	彩节天社蛾 (<i>Phalera assimilis</i>)	[74]
颗粒体 病毒	黄地老虎 (<i>Euxoa segetum</i>)	[40]
	菜青虫 (<i>Pieris rapae</i>)	[41, 75, 76]
	斜纹夜蛾 (<i>Prodenia litura</i>)	[41]
	小菜蛾 (<i>Plutella xylostella</i>)	[77]
	杨扇舟蛾 (<i>Clostera onachoreta</i>)	[41]
质型多 角体病毒	棉铃虫 (<i>H. armigera</i>)	[78]
	黄地老虎 (<i>E. segetum</i>)	[41]
	油松毛虫 (<i>Dendrolimus fabulaefermus</i>)	[79]
	赤松毛虫 (<i>D. spectabilis</i>)	[80]

型多角体病毒 (NPV)、颗粒体病毒 (GV); 质型多角体病毒组 (Cytoplasmic polyhedroses) 中的质型多角体病毒 (CPV)。此外还发现数种寄生在鳞翅目幼虫的多角体病毒和无包涵体病毒。

四、其 它

曾研究过寄生于恙螨 (*Trombicula deliensis*) 体内的立克次氏体 (*Rickettsiella orientalis*), 寄生在菜青虫和棉铃虫体内的线虫以及寄生在玉米螟体内的微孢子虫^[59]。

微生物杀虫剂的生产

我国微生物杀虫剂的工业化生产开始于六十年代中期。继 1965 年青虫菌和苏芸金杆

菌制剂正式投产后, 1966 年和 1968 年分别开始采用固体通风发酵工艺。后来分离到的一些菌株也都已采用深层发酵和固体发酵方法生产。

一、苏芸金杆菌制剂

一般工艺条件下, 深层发酵后的成品约含活孢子 100 亿/克; 试用乳糖悬浮发酵液, 以丙酮沉淀获得孢晶制剂, 活孢子数可达 1800 亿/克^[19]。

1970 年前后, 全国普及了简易固体发酵生产方法^[23-25]。这种方法采用液体培养的孢子, 用麸皮, 饼类, 谷壳等做为原料。但由于空气过滤问题未能解决, 故制剂污染严重。制剂含孢子约 30—60 亿/克, 使用效果尚好, 但产品质量不稳定, 粉碎加工较困难。

在深层发酵过程中, 噬菌体的危害较严重。一些研究工作已证明筛选抗株有一定效果^[50, 51, 52]。但减少菌种移接, 防止污染等目前仍是防止噬菌体危害的有效措施。

二、白僵菌制剂

主要用固体发酵法生产^[26]。吉林、湖北等地采用了露天大床发酵, 营养膜平板培养和液体浅层静止培养等简易的生产方法。黑龙江、福建等省进行了深层发酵试验。

三、病毒制剂

目前只能通过活体感染的方法来生产。但利用昆虫组织培养生产是一个方向, 我国在 1959 年已报道过家蚕组织培养的研究^[44], 以组织培养增殖病毒方面也有过一些试验。据武汉病毒所等单位试验, 制备棉铃虫核型多角体病毒制剂时, 加入乳化剂和诱饵剂可提高防治效果。山东为生产赤松毛虫多角体病毒, 曾以野外饲养感染方式制成大量制剂。

四、其它微生物制剂

浙江省曾报道过绿霉菌的生产^[64]。此外还有些单位生产过绿僵菌, 赤穗霉、蚜霉菌^[70]。

1974 年以来,山西、河北、山东等地曾进行过金龟子乳状病病原菌的生产试验,方法是通过饲料感染活虫,然后收集死虫磨碎,加填充料制成菌剂,对 17 种金龟子幼虫有不同程度的致病力。

五、微生物杀虫剂的质量检定

中山大学生物系以初孵家蚕测定国内 6 种苏芸金杆菌制剂的毒力^[50],认为以家蚕卵浸法测定比国外建议采用的以甘蓝尺蠖为测定虫的方法简便。湖北省微生物研究所虫菌组以菜青虫的微量点滴叶片法测定了苏芸金杆菌武汉变种伴孢晶体制剂的毒力^[19],并以家蚕和棉铃虫测定了提纯晶体的毒力。一些单位用家蝇及微生物测定了苏芸金杆菌的 β -外毒素^[19,31,32]。然而,由于苏芸金杆菌各变种及不同菌株间毒力有差异,不同昆虫的敏感性亦不同^[33],故用任何一种昆虫进行生物测定只有相对意义。

昆虫病原真菌和病毒,采用活体含量测定与生物测定相结合的方法测定毒力^[54]。

微生物杀虫剂的使用效果

一、细菌杀虫剂

据已报道的实验表明,苏芸金杆菌对鳞翅目、膜翅目、直翅目、鞘翅目、双翅目等目中的粉蝶科、枯叶蛾科、毒蛾科、天蛾科、尺蛾科、夜蛾科、叶蜂科、蛾蚋科、叶甲科及家蝇科等 32 科的 125 种昆虫有不同程度的感染致死能力和防治效果。这些昆虫绝大部分属于鳞翅目,包括了粮食、经济、绿肥、果树、园林及蔬菜等作物及森林害虫与仓库、卫生害虫。

(一) 对粮食作物害虫的防治效果

防治对象主要有稻苞虫、稻纵卷叶螟、稻螟蛉、稻眼蝶、三化螟、甘薯天蛾、玉米螟及高粱条螟等^[19,62,75,81-83]。以 0.05—0.1 亿孢子/毫升防治稻苞虫效果一般在 80% 以上。0.5 亿孢子/克土对玉米螟防效为 88.9—100%。0.5—1 亿孢子/毫升防治三化螟,效果一般为 50—70%。

(二) 对经济作物害虫的防治效果

用于防治棉铃虫、棉小造桥虫、棉大卷叶

虫、棉灯蛾、甘蔗螟、茶毛虫、烟青虫、豆天蛾、苧麻蛱蝶、大豆食心虫等,均有较好效果。湖北地区用天门变种制剂大面积防治二、三代棉铃虫,浓度为 1—2 亿孢子/毫升时,防效可达 80% 左右。

(三) 对蔬菜害虫的防治效果

对菜青虫、小菜蛾、甘蓝夜蛾、菜尺蠖等均有较好效果。以 0.1—0.5 亿孢子/毫升浓度的青虫菌、杀螟杆菌、武汉杆菌制剂防治菜青虫和小菜蛾,效果达 90% 以上^[84]。

(四) 防治森林、园林及果树害虫

对松毛虫的防治效果较好,已成功地进行过飞机喷洒防治。对苹果巢蛾、刺蛾、凤蝶、尺蠖、天蛾及毒蛾等几十种害虫防效显著^[16,85-88]。

二、真菌杀虫剂

早在建国初期,曾用白僵菌防治甘薯象鼻虫^[2],大豆食心虫^[4]。此后,应用范围和面积不断扩大。目前,我国白僵菌主要用于防治松毛虫^[27,89]和玉米螟^[90-93]。白僵菌还对菜青虫、草地螟、稻叶蝉、稻飞虱、金龟子、小地老虎、蝗虫、蚜虫、廿八星瓢虫等有不同程度的防治效果^[62,94-99]。

此外,绿霉菌对斜纹夜蛾、棉铃虫和小地老虎等^[64];绿僵菌对阔胸金龟子、铜绿金龟子和华北大鳃金龟子均有一定防治效果;蚜霉菌可以防治棉蚜、桃蚜、菜蚜等 15 种蚜虫^[100];赤穗霉对粘虫、苹果食心虫等 10 种害虫皆有不同程度的效果;7217 丛梗孢对棉铃虫亦有致死作用^[67]。

三、病毒杀虫剂

目前报道的有以核型多角体病毒防治棉铃虫^[101,102],桑毛虫^[34,103];以颗粒体病毒防治 1—2 龄黄地老虎^[104],小菜蛾;都取得了良好效果。广东江苏等地用多角体病毒防治松毛虫效果为 51—73%。山东用飞机喷洒多角体病毒防治松毛虫,在大面积内取得 67% 的防治效果^[105]。

此外,辽宁利用舞毒蛾核型多角体病毒,云南应用柳枯叶蛾核型多角体病毒,上海园林局应用大蓑蛾核型多角体病毒,中国林业科学院

应用杨扇舟蛾颗粒体病毒,皆取得了一定成效。

有关应用基础研究

在进行微生物防治试验工作同时,应用基础研究方面也取得了一定进展。

一、昆虫病理研究

湖南师范学院生物系等^[46]对感染白僵菌的松毛虫进行的病理观察证明,该菌主要通过虫体皮肤侵染。被侵染细胞失去生命活力,邻近细胞出现大型液泡,着色力降低。被侵染部位血细胞增多,由于筒形孢子不断增殖,使血细胞失去吞噬作用并成为菌体的养料,体腔液变浑浊。进而孢子和菌丝侵入脂肪体,使其萎缩解体,随后侵入并破坏虫体各组织,加以孢子萌发释放毒素,终于导致虫体死亡。

华中师范学院生物系昆虫病毒研究室^[47]的研究证明,棉铃虫核型多角体病毒主要在脂肪体、表皮层和气管基质的细胞核中增殖。感染后5—6天内,细胞核几乎被多角体充满,约在第7天出现死亡高峰。死后几小时,细胞核破裂,组织液化,释放出多角体。

棉铃虫质型多角体病毒主要侵染中肠上皮细胞^[78]。浙江农业科学院蚕桑研究所研究了家蚕质型多角体病毒对次代蚕的传递情况,他们认为中肠内具有质型多角体病毒的病蛾所产的卵,孵化后并不出现相应的多角体病毒病。高尚荫等^[15,43]证明,提纯的家蚕核型或质型多角体病毒的DNA或RNA均无侵染力。

二、毒素

冯喜昌等^[31]发现,40株苏芸金杆菌中属于H₁、H₇、H₈和H₉四种血清型的5个菌株产生 β -外毒素,以E-013(H₉)产该种毒素的能力最强。并对该毒素的紫外吸收光谱进行了研究。在以麦麸、谷糠为主要成分的固体培养基中, β -外毒素产量最高。此毒素对家蝇成虫无效,与苏芸金杆菌晶体毒素混用,无增效作用。还发现该毒素中有葡萄糖残基、葡萄糖氧化酶对其有抑制作用。

不少单位近年来研究了苏芸金杆菌 δ -内毒素的提纯及其毒力^[33,51]。

湖南郴州地区林科所提取了白僵菌的有毒代谢产物,发现该产物的粗结晶对马尾松毛虫和单孢藻有毒性。另一项研究表明,从以葡萄糖、玉米淀粉及玉米浆为主要成分的发酵液中,可得到白僵菌毒素1.532克/升,从固体培养物中,每公斤菌粉中可提取毒素23.086克。这种粗制品对天幕毛虫、粘虫、灰纹尺蠖等有一定毒力。

三、诱变育种

近年来采用过多种理化因子诱变处理及虫体复壮等手段,提高了某些杀虫微生物的生活力和毒力。江西省森林病虫害防治站^[29]通过⁶⁰Co和激光处理,得到生长快、成熟早、毒力提高10—20%,并对青霉素有抗性的白僵菌菌株1501和1502;安徽省当涂县白僵菌厂等单位^[30]获得了孢子生得多、毒力有所提高且耐旱的白僵菌菌株14号和24号。

湖南长沙农校用硫酸二乙酯处理苏芸金杆菌蜡螟变种,得到了毒力有所提高的变异菌株^[29]。中国科学院动物研究所用紫外线照射结合粘虫传代接种的方法,分离到1株对粘虫毒力较强的苏芸金杆菌菌株IIA9(无)^[106]。此外,黑龙江、湖北等地也通过诱变获得了一些毒力提高的变异菌株。

四、苏芸金杆菌噬菌体的研究

已鉴定了一些噬菌体类型^[48,49],也进行过有关噬菌体感染增殖过程、宿主范围及各种物理化学因子影响等的研究^[18,49,51]。

五、安全性试验

湖北省微生物研究所虫菌组用苏芸金杆菌武汉变种的全培养物对小白鼠进行腹腔注射和饲喂试验。注射后5天使20—60%小白鼠死亡的剂量为1220—2440毫克/公斤体重。一般农药的LD₅₀为10—15毫克/公斤列为毒物;连续饲喂5天,细菌体总数1807.4亿/公斤体重,未见异常,且能正常繁殖后代。湖北省卫生防疫

站试验证明,以苏芸金杆菌天门变种对豚鼠进行腹腔注射(17亿个孢子/公斤体重),对家兔耳静脉注射(19亿个孢子/公斤体重),未见有规律的致病性病变。他们还证明,在这些动物体内这类细菌被灭活。对小鼠、豚鼠和家兔经口投给、吸入、皮肤和粘膜接种苏芸金杆菌,以该菌喂猪,均未见引起动物异常变化。

用黄地老虎颗粒体病毒对小白鼠、家兔、羊、牛进行皮下、腹膜注射和餵饲试验,45天后未见引起动物病变,电镜观察无包涵体和病毒粒子残留。怀孕雌鼠经腹腔注射后,能正常产仔且繁殖4代亦正常^[40]。

六、菌种的鉴定和分类

我国一般按 de Barjac, H. 和 Bonnefoi, A. (1973)的分类方法鉴定苏芸金杆菌。在此基础上,一些单位用噬菌体的寄主范围和菌体抗原作为指标,探讨过该菌的分类^[18,21]。湖北省微生物研究所^[107]用聚丙烯酰胺凝胶电泳对苏芸金杆菌的几个变种的酯酶图谱进行了分析,认为这种方法优于淀粉凝胶电泳法。

还有幸兴球等对目前苏芸金杆菌的分类系统提出了自己的看法^[108]。

此外,张立人等^[44,45]对粘虫和斜纹夜蛾核型多角体病毒粒子的精细结构进行过研究。

建国三十年来,我国利用微生物防治害虫的研究工作在各方面都有较大发展。在昆虫病原资源的开发和应用方面,成绩尤其显著。但是,在诸如昆虫病理,微生物杀虫毒素的性质与作用机制,昆虫病毒的人工复制与大量生产,微生物杀虫剂生产的工艺与制剂的标准化,病原的流行病学,应用方法及安全性等方面,与国际先进水平相比尚有较大差距。有些问题,我国还只开始着手研究解决。我们还应当在开发新资源及用遗传学方法培育高效菌株方面作更多的努力。总之,我们必须加快步伐,有重点、有计划地深入开展研究工作,把我国的微生物防治研究工作推进到新的、更高的水平。

参 考 文 献

[1] 曹肇:昆虫学报,5(3):349—350,1955。

[2] 林伯欣:同上,6(4):539—540,1956。
 [3] 福建省林业科学研究所:防治森林害虫资料选集,中国林业出版社,北京,1959年,第57—63页。
 [4] 徐庆丰、冯真、马淑丽:昆虫学报,9(3):203—216,1959。
 [5] 张履鸣、白汝娴:东北农学院院报,1962年第1期,25—32页。
 [6] 彭中允、张志恒:湖北农业科学,1962年第3期,18—22页。
 [7] 钱念曾等:植物保护学报,2(2):162—194,1963。
 [8] 蔡邦华等:昆虫学报,13(6):855—861,1964。
 [9] 刘崇乐等:苏芸金杆菌研究的五十年,科学出版社,北京,1962年。
 [10] 祝汝佐、胡琴:中国农业科学,1962年第4期,1—8页。
 [11] 中国农业科学编辑部:同上,1963年第1期,56页。
 [12] 顾秀如:昆虫知识,8(5):封三,1964。
 [13] 沙捷云:同上,8(4):封三,1964。
 [14] Gaw Zan- yin, Liu Nien-tsui, Zia Tien-un: Acta Virol., 3: 55, 1959。
 [15] 高尚荫、蔡宜权:微生物学报,10(2):284—286,1964。
 [16] 蔡秀玉:昆虫知识,8(4):145—147,1964。
 [17] 谢天恩等:微生物学报,14(3):313—317,1965。
 [18] 任改新等:同上,15(4):292—301,1975。
 [19] 湖北省微生物研究所虫菌组:同上,16(1):12—16,1976。
 [20] 邹家兴,文昌明:微生物学通报,6(2):45—46,1979。
 [21] 武汉大学生物系微生物专业70级工农兵学员虫菌鉴定组等:微生物学报,15(1):5—14,1975。
 [22] 王婉瑜等:同上,19(2):117—121,1979。
 [23] 湖北省安陆微生物试验站:微生物学通报,4(2):9—10,1977。
 [24] 湖北省大悟县微生物科学实验站:同上,4(2):10—11,1977。
 [25] 中国农业科学院土壤肥料研究所微生物室:同上,2(3):12,1975。
 [26] 天津市东郊区军粮城公社生物农药厂:同上,3(2):7—8,1976。
 [27] 光明日报,1979年3月9日第3版。
 [28] 湖南省长沙农校微生物农药试验组:微生物学通报,3(1):13—14,1976。
 [29] 江西省森林病虫害防治试验站微生物组:同上,2(2):10—11,1975。
 [30] 安徽省当涂县白僵菌厂等:同上,4(3):5—6,1977。
 [31] 冯喜昌等:昆虫学报,18(4):374—384,1975。
 [32] 河北省石家庄卫生防疫站等:昆虫知识,12(4):26—28,1975。
 [33] 中国科学院动物研究所苏芸金杆菌研究组:微生物学报,18(4):352—354,1978。
 [34] 朱国凯等:同上,15(2):93—100,1975。
 [35] 黄冠辉:昆虫学报,16(1):89—90,1973。
 [36] 湖北省荆州地区微生物站等:华中师范学院学报(自然科学版),1975年第1—2期,42—53页。
 [37] 黄冠辉,丁翠:昆虫学报,18(1):17—24,1975。
 [38] 武颢文、常绍慧:同上,20(4):485—486,1977。
 [39] 刘年翠等:武汉大学学报(自然科学版),1978年第4期,140—141页。

- [40] 新疆农业科学院农业科学研究所微生物室等: 微生物学报, 18 (4): 355—356, 1978。
- [41] 蔡秀玉、黄冠辉、丁翠: 昆虫学报, 21 (1): 101—102, 1978。
- [42] 华中师范学院昆虫病毒研究室: 华中师范学院学报(自然科学版), 1977年第2期, 26—34页。
- [43] 中国科学院微生物研究所病毒复制组等: 微生物学报, 18 (2): 129—133, 1978。
- [44] 张立人、高尚荫: 实验生物学报, 1965年第10期, 299—304页。
- [45] 张立人、王学兰、邓海凡、张世敏: 中国科学, 1979年第4期, 398—401页。
- [46] 湖南师范学院生物系等: 湖南师范学院学报(自然科学版), 1975年第2期, 65—73页。
- [47] 华中师范学院生物系昆虫病毒研究室: 昆虫学报, 21 (2): 133—136, 1978。
- [48] 何能波、陈见璋、林彩辉: 微生物学报, 18 (3): 220—224, 1978。
- [49] 颜望明等: 同上, 19 (1): 45—51, 1979。
- [50] 沙拯云、任改新、谢强江: 昆虫学报, 18 (3): 273—278, 1975。
- [51] 河南洛阳林药厂: 微生物学通报, 4 (3): 3—4, 1977。
- [52] 山东农学院生物实验工厂: 山东农业科学, 1973年第3期, 22—27页。
- [53] 中山大学生物系昆虫教研室昆虫微生物组: 昆虫学报, 20 (1): 5—13, 1977。
- [54] 蒋正揆等: 复旦大学学报(自然科学版), 1978年第4期, 85—92页。
- [55] 梁广才、廖添发、刘镜清: 中山大学学报, 1974年第1期, 107—110页。
- [56] 中国科学院动物研究所昆虫病理组: 昆虫学报, 16 (1): 91—93, 1976。
- [57] 张书芳等: 同上, 20 (3): 355—356, 1977。
- [58] 邓叔群: 中国的真菌, 科学出版社, 北京, 1963年。
- [59] 向锦曾: 昆虫学报, 18 (1): 42, 1975。
- [60] 河北省沧州地区农校微生物研究室: 微生物学通报, 6 (1): 47, 1979。
- [61] 山东临清县科技办公室: 同上, 3 (3): 10, 1976。
- [62] 蒲蛰龙等: 害虫生物防治的原理和方法, 科学出版社, 北京, 1976年, 第141—161页。
- [63] 李宏科: 微生物学通报, 5 (5): 1—2, 1978。
- [64] 浙江生产建设兵团二师棉麻研究所。同上, 2 (4): 9—10, 1975。
- [65] 曾省、赵玉清: 中国昆虫学会二十周年学术讨论会会刊 中国昆虫学会编辑, 1964。科学出版社, 1966年, 第XV页。
- [66] 臧穆、罗亨文: 微生物学报, 16 (3): 256—257, 1976。
- [67] 江苏南通农业局: 昆虫知识, 12 (3): 30, 1975。
- [68] 梁宗琦、陈月碧、刘爱英、王迺亮: 微生物学通报, 6 (3): 4—9, 1979。
- [69] 陈祝安: 昆虫学报, 20 (2): 155—162, 1977。
- [70] 邱益三、陈芝媛: 微生物学通报, 6 (3): 7—9, 1979。
- [71] 乐云仙等: 复旦大学学报(自然科学版), 1978年第1期, 79—85页。
- [72] 中山大学生物系昆虫学专业等: 中山大学学报(自然科学版), 1977年第4期, 91页。
- [73] 荆州地区微生物站: 微生物学通报, 6 (3): 47, 1979。
- [74] 洪华珠: 华中师范学院学报(自然科学版), 1977年第2期, 106—109页。
- [75] 广东省微生物研究所: 微生物学通报, 2 (2): 5—7, 1975。
- [76] 中山大学生物系昆虫学专业, 电子显微镜室: 微生物学报, 17 (4): 351, 1977。
- [77] 武汉大学病毒研究所昆虫室等: 自然杂志, 1 (5): 278—279, 1978。
- [78] 苏德明等: 复旦大学学报(自然科学版), 1978年第1期, 74—78页。
- [79] 辽宁省朝阳地区林业科学研究所: 林业科技通讯, 1977年第12期, 12页。
- [80] 陈廷伟等: 微生物学报, 19 (3): 292, 1979。
- [81] 山东省聊城地区农科所等: 昆虫知识, 11 (4): 11—13, 1974。
- [82] 山东省农业科学院植保所: 山东农业科学, 1974年第1期, 31—33页。
- [83] 河南省长葛县农林局: 微生物学通报, 3 (2): 15, 1976。
- [84] 上海市农业科学院园艺所: 昆虫知识, 11 (3): 20, 1974。
- [85] 山东省泰安县林科所: 山东农业科学, 1973年第2期, 9—10页。
- [86] 河南省新郑县县委: 微生物学通报, 2 (3): 10, 1975。
- [87] 南开大学生物系昆虫教研室: 昆虫学报, 20 (4): 405—408, 1974。
- [88] 河北省果树研究所: 昆虫知识, 11 (3): 24—26, 1974。
- [89] 北方九省(区)防治松毛虫科技协作会议: 山东农业科学, 1973年第3期, 43—46页。
- [90] 河北省微生物农药防治研究协作组: 昆虫知识, 11 (3): 13—14, 1974。
- [91] 天津市农科所: 微生物学通报, 2 (3): 10—11, 1975。
- [92] 徐庆丰等: 昆虫学报, 16 (2): 203—206, 1973。
- [93] 吉林省白图们封炭防治玉米螟协作组: 同上, 20 (3): 269—275, 1977。
- [94] 幸兴球: 昆虫知识, 13 (6): 183—184, 1976。
- [95] 欧阳曾、吴圣丽: 昆虫知识, 9 (4): 255, 1969。
- [96] 江西省宜春县农用微生物试验所: 微生物学通报, 2 (1): 26, 1975。
- [97] 湖南省岳阳农校生防组: 同上, 4 (4): 18, 1977。
- [98] 黑龙江省伊春农科所: 同上, 5 (3): 46, 1978。
- [99] 山东省沂南县东风林场: 同上, 5 (1): 44, 1978。
- [100] 南开大学生物系昆虫专业72级学员: 昆虫学报, 19 (1): 63—66, 1976。
- [101] 湖北省荆州地区微生物站等: 同上, 19 (2): 167—172, 1976。
- [102] 湖北省荆州地区微生物站等: 湖北农业科学, 1975年第12期, 26—29页。
- [103] 浙江省海宁县农科所: 浙江农业科学, 1978年第4期, 32—37页。
- [104] 新疆农业科学院农科所病毒防治黄地老虎研究组: 新疆农业科学, 1978年第2期, 28—30页。
- [105] 山东沂南县县委等: 山东农业科学, 1976年第3期, 36—37页。
- [106] 幸兴球、谢强江、杨明华: 昆虫学报, 22 (2): 206—209, 1979。
- [107] 张用梅、杨一平、陈宗胜: 微生物学通报, 6 (1): 6—9, 1979。
- [108] 幸兴球、谢强江: 同上, 5 (1): 42—43, 1978。