

## 关于害虫的微生物防治

张 兴 立

用微生物制剂防治害虫,是害虫的生物防治的一个重要方面。

关于害虫的生物防治,最早始于我国,早在公元304年前后,我国就已经利用黄柑蚁消灭柑橘害虫。在国外于1873年提出了用致病微生物防治害虫的概念,以后1879年梅契尼可夫试验用绿僵菌感染奥国金龟卵。以后又有人用绿僵菌的孢子和砂土混合,用来防治甜菜象鼻蚱,获得成功。

第二次世界大战后,害虫的微生物防治受到了较大的重视。特别是最近二十多年来,进展非常迅速。

### 各类微生物的利用概况

目前在世界上,于虫害防治中,已经利用的微生物是多种多样的。包括真菌、细菌、立克次体和病毒等。

#### (一) 真菌

在害虫的微生物疾病中,由真菌引起的约占60%以上。目前已知能使昆虫感病的真菌达数百种。其中研究和应用较多的有白僵菌、绿僵菌、虫霉、蝇霉、曲霉、赤穗菌等。

白僵菌是一种在世界上分布很普遍的虫生菌类,具有很强的广谱杀虫作用,据统计它可以寄生于6目190余种昆虫体内而引起死亡。尤其钻心虫类和土栖性害虫,在使用其它方法难以奏效的情况下,使用白僵菌,则可以收到很好的防治效果。我国用白僵菌防治玉米螟、落叶松毛虫、大豆食心虫、水稻黑尾浮尘子等,都取得了良好的效果。特别是用白僵菌颗粒剂,撒于玉米心叶和封埯灭螟的作法,值得今后推广。

#### (二) 细菌

使昆虫致病的细菌,一般都是杆菌,根据它们产生芽孢与否可分为两大类。

在不能产生芽孢的细菌中,最早引起人们注意的是d'Herelle (1911, 1914)记载过的蝗球杆菌(*Coccobacillus acridiorum* d'Herelle)。这是他从当时流行疫病的墨西哥飞蝗的肠中分离出来的。他将此菌经过培养繁殖,然后在田间施用,结果造成蝗虫的感染和死亡。

据报道用这一方法,当时在墨西哥,后来在突尼斯、阿根廷等地防治蝗虫,都获得了显著的成效。但以后许多国家对此菌进行的研究中,却没有得到预期的结果,因此,有人认为蝗球杆菌没有真正的病原作用。

在芽孢杆菌中,特别引人注目的是苏芸金杆菌。这是1915年德国人贝尔林莱在苏芸金地方的一个面粉厂中发现的,当时这种杆菌使地中海粉螟的幼虫染病。由于此菌防治害虫效果显著,引起了广泛的重视。许多国家还对它进行了商品化的大规模生产。

自苏芸金杆菌发现以后,陆续从鳞翅目幼虫体内分离出一些产生晶体的芽孢杆菌,经过研究,除了有的是同物异名而外,它们都是苏芸金杆菌的变种。例如变种猝倒菌,是从家蚕体内分离出来的;变种松毛虫菌,是从西伯利亚松毛虫体内分离出来的;变种蜡螟杆菌(又称青虫菌),是从蜡螟体内分离出来的。截至到1973年,苏芸金杆菌类已发表了17个变种,归为12个血清型。各变种之间的差异主要表现在生物化学特征和抗原特征的不同上,为了有利于鉴别,Barjac曾为此作出检索表。

无产阶级文化大革命以来,我国广大工人、贫下中农和革命科技人员,在毛主席关于“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针指引下,在“农业学大寨”的群众运动中,大搞科学实验广泛开展了“以菌治虫”的群众性实验活动。对苏芸金杆菌和白僵菌的防病作用、使用方法、土法生产和工业生产等一系列的问题,进行了广泛的研究。其范围之广,规模之大,在我国生物防治史上都是空前的。防治对象涉及稻纵卷叶螟、三化螟、粘虫、玉米螟、甘薯天蛾、斜纹夜蛾、棉铃虫、苜蓿黄蛱蝶、菜青虫、苹果巢蛾、刺蛾、松毛虫、大豆食心虫、甜菜象鼻蚱、小菜蛾、稻黑尾浮尘子等数十种。大田用药面积有达到十几万亩,防治效果都在80%以上。

#### (三) 立克次氏体

主要寄生于多种金龟子幼虫,并使之生病,据报道用立克次氏体曾成功的防治了西方五月金龟子。

#### (四) 病毒

昆虫病毒主要发现于鳞翅目、膜翅目和双翅目的

一些种类中。直到现在,研究得最多的是蝶蛾类和叶蜂的病毒,由于病毒可通过遗传进行传播,因此能在自然界较长期的保留,而被防治的对象,代数愈多,效果愈显著。在害虫的微生物防治中,应用较多的是多角体病毒和颗粒型病毒。

多角体病毒,是研究得最早的昆虫病毒,这种病毒的特征,是在被感染的组织中,形成多角形的内含体。只要用光学显微镜就能看见。在内含体中存在着病毒的微粒。按照它们繁殖场所的不同,分为两大类。凡在昆虫的表皮、气管、脂肪体、血球、绢丝腺、神经节等细胞的核中进行繁殖的,称为核多角体病毒。而在肠道,特别是中肠的细胞质中进行繁殖的,称为质多角体病毒。

除多角体病毒外,还有一些其它类型的病毒。其中主要的有颗粒型病毒,其内含体为圆形颗粒状。近年来,颗粒型病毒,也常应用于防治害虫。

最近二十多年来,用病毒防治害虫的试验报告很多。我国用多角体病毒防治桑毛虫,也收到很好的效果。

## 以菌治虫的影响因素

以菌治虫的效果决定于多种因素。其中主要的有病原因素、寄主因素和环境因素。

### (一) 病原因素

病原微生物杀虫效率,决定于它们毒性的强弱,理想的微生物农药,要求具有最强的毒性,极小的用量,就能引起害虫致命性疫病的长期流行,并蔓延到处理范围以外。而当前在虫害防治中,应用的微生物,并不是很理想的。因为它们的毒性都比较弱。如何提高病原微生物的毒性?是摆在我们面前的艰巨任务。

决定毒性强弱的因素:首先与此有关的是微生物的种,有人研究过蜡状芽孢杆菌的12个系,指出那些由昆虫体分离出来的菌株较之由苹果上分离出来的菌株对苹果蠹蛾的毒性要高。

影响毒性强弱的另一因素,是微生物分泌的有毒物质。很多报告都提到苏芸金杆菌能够产生多种毒素。例如不耐热的内毒素和耐热的外毒素等。由于这些毒素的作用,或者使昆虫全身或肠道麻痹,肠上皮脱落而死亡(内毒素作用);或者在脱皮过程中死亡(外毒素作用)。

真菌也产生毒素,如白僵菌、黄曲霉、棕曲霉、绿僵菌等。还有一种真菌 *Athrobotrys oligospora* Fresenius, 据说产生的毒素,对线虫有抑制作用。一般而言,真菌毒素比起细菌毒素来说,其分子较小,大多由碳、氢、氮、氧几种元素构成。例如由绿僵菌分离出来的毒素 *Destruxin B* 其分子式为  $C_{30}H_{51}O_7N_2$ , 据报道国外已有人合成此毒素。

毒性的耐久力也很重要,因为微生物既然成为一种农药,就必须要求它在贮藏期内不会丧失活性和毒力,已知细菌、真菌、原生动物和多角体病毒在适宜条件下至少可以保存一年而不丧失其毒力。干燥保存时,如苏芸金杆菌、日本金龟子乳杆菌等甚至可保存十年。影响保存期毒力的因素,主要为温度和湿度。如在田间,则阳光、风、雨等亦属重要。土壤是保持病原微生物毒力的良好场所。

微生物的毒力,可以用人工的办法加强,通常提高微生物毒力的途径如下:

杂交:目的是获得对人类有利的基因组合,一般是通过细胞核融合、减数分裂性状分离与重组来达到目的。

培养:使病原物通过其感病寄主进行培养。如果病原物能在人工培养基上生长时,可通过改变培养基成分和培养条件以增强毒力。但有时在长期人工培养条件下,病原物的毒性减弱,此时可用虫体接种复壮法,恢复其毒力。

选择:把病原物按照其毒性强弱,区分为许多系,然后淘汰弱毒系,选择强毒系。毒性强弱有时与原寄主有关。

诱导变异:通过电离辐射等物理因素或化学诱变剂,引起微生物突变,培育出强毒的品系或变种。

增效剂:增效剂本身是一种无生命的物质,它可以提高微生物的活性和侵染能力,增强其毒性。如使用硼酸,可以提高苏芸金杆菌对午毒蛾的毒性。但其作用机制,目前还不清楚。

### (二) 寄主因素

作为病原物寄主的昆虫,在自然界是一个十分混杂的种群。其中包括对不同病原物敏感的个体,也包括具有抗性或免疫力的个体,有的甚至是健康的带菌者。病原物与寄主之间的关系有各种各样,表现十分复杂。这里主要谈一谈密度和抗病力两个方面。

密度:一般说来,昆虫寄主的密度愈高,愈有利于微生物引起的疫病流行。但是也可能相反,疫病存在于寄主密度相当低的条件下,尤其是在一场广泛流行的疫病后期是这样。实验证明,昆虫饲养密度大,疫病易于发生。据报道,蝗虫饲养密度拥挤时,会增加病原物传播的机会。但也有人认为,寄主密度对昆虫病疫病的影响不大。

抗病力:昆虫抵抗病原物的能力有时是出于遗传。也就是说,这类昆虫具有天然的免疫性。国外曾经证实过在昆虫的血液中存在着一类类似脊椎动物的抗体的物质。由于这种物质的存在,使昆虫对细菌和病毒具有抵抗能力。此外食菌现象(细胞免疫)在昆虫中也普遍存在。有人曾用印度墨汁注入蜡螟体中,以阻碍食菌细胞的活动,结果,蜡螟对核多角体病毒的敏感性

就大大增加。

抗病力也可能与昆虫的生理特点有关,例如家蚕的中肠消化液中就含有抗细菌、病毒和真菌的物质。中肠液的 pH 值,也是影响抗性的重要因素。据说中肠液 pH 值低的叶蜂对蜡状芽孢杆菌敏感,而 pH 值高的鳞翅目昆虫,则对苏芸金杆菌敏感,而对蜡状芽孢杆菌则有抗性。又中肠围食膜的存在,也能阻止某些病原物的侵入。

在有些昆虫的表皮中也还有一种抗真菌的物质,这种物质,存在于上表皮的蜡层中。如用麦蜡象表皮的乙醚提出物处理白僵菌,则可抑止白僵菌的菌丝生长、孢子形成及发芽。

另外昆虫体内的微生物区系,也影响昆虫的抗病力。有人早就发现,昆虫的肠腔内有大量的微生物存在。从昆虫病理学的角度考虑,昆虫体内的微生物,主要有两种作用。一种是协同作用,即在一定条件下,和其它致病微生物一起,引起害虫生病。另一种是拮抗作用,能使致病微生物失去致病力,或使已感病的昆虫恢复健康。

噬菌体能够溶解多种微生物,如粘菌、分枝杆菌、放线菌、细菌等。噬菌体广泛存在于土壤中,尤其是富含有机肥料的土壤更为丰富。它们的溶菌作用,并不都是一样的。有的特异性很强,甚至只能溶解同一种细菌中的某个变种。有的则能溶解多种细菌。特异性的噬菌体,常用来鉴别细菌的种类。有人曾用噬菌体作为益虫细菌性病害的治疗剂和预防剂。在害虫的微生物防治中,如果出现噬菌体,将使所应用的细菌制剂完全失效。因此必须引起重视。

有时昆虫抗病与否与某些外界因素如食物及温湿度有关,食物的质和量对昆虫的抗病力影响很大。午毒蛾、家蚕、天幕毛虫取食不适宜的食物时,对病毒的抵抗力就显著下降。还有人确认,高蛋白质食物增加蜡螟对核多角体病毒的敏感性,但高碳水化合物,则无此作用。食物的 pH 值作用也很大,据研究在微生物防治中,应当考虑害虫寄主植物细胞液的 pH 值,当寄主植物的细胞液呈酸性反应时,以使用真菌制剂为宜,呈中性反应时,应使用细菌制剂。

### (三) 环境因素

环境因素中以温度和湿度为最重要。较高的温度可以促进发病过程,加速害虫死亡;温度过低,则病原物的侵染时间延长,寄主的死亡率亦下降。湿度大,有利于细菌病害的爆发;湿度太小,则是真菌发育的限制因子。因为低湿一般会影响真菌的孢子形成、发芽及侵染过程。

一般地说,每一种昆虫病原物,都有其最适宜的温湿度范围。真菌适宜于较低的温度,一般在秋季和早春使用较好。病毒适宜于较高的温度,而细菌则介于

二者之间。因此,病毒和细菌,适宜在温度高的夏季使用。

必须指出:病原、寄主、环境三个因素在自然界是同时存在,互相影响的。它们是一个不断变化的矛盾统一体。在一种情况下,主要矛盾可能属于甲方;在另一种情况下,主要矛盾可能属于乙方。因此在估价某一因素的作用时,应根据时间、地点、条件对具体情况作具体的分析。

## 微生物杀虫剂的增效作用

为了提高微生物杀虫剂的使用效果,曾经开展了大量的试验研究工作,研究的中心之一是探索“增效作用”,并已取得了一定的成果。

增效作用有两方面,一种是通过添加增效剂提高微生物的活性和毒力,提高病原物的侵染作用。

另一方面是削弱寄主,给微生物的侵染创造有利条件,这方面的工作可以归纳为三个方面,即机械增效、与化学农药混合增效、不同微生物制剂混合增效等。

机械增效:采用玻璃粉和微生物制剂混合,喷洒在植物上,当害虫吃入体内后,由于摩擦作用,玻璃粉破坏中肠的围食膜和肠上皮,加速致病微生物的侵入。或者使用有机溶剂,破坏昆虫表皮的蜡层,促进真菌的侵入。

与化学农药混合增效:在消灭害虫的实践中,人们发现应用有机氯制剂时,被防治的害虫,因白僵菌和细菌疾病引起的死亡率显著提高。因此,得到了化学农药与微生物制剂混合使用,可以增效的启示。我国劳动人民在实践中证明,多种有机农药,如 DDT、666、敌敌畏、敌百虫、乐果、1605、马拉硫磷等,使用非致死量,可以破坏昆虫的正常生理状态,刺激病原物的活动,以提高防治效果。据试验化学农药与微生物农药混用,可使化学农药的使用量降低 5—10 倍,而不影响防治效果。

不同微生物制剂混合增效:在自然界,许多染病死亡的昆虫,是由于混合感染引起的。也就是说,在这样的昆虫体内,同时存在着几种不同的病原物。关于不同微生物混合增效的试验很多。例如不同的病毒之间、细菌之间、原生动物之间、真菌之间以及病毒与细菌、细菌与原生动物、线虫与细菌等都作过混合应用,并且提高了杀虫效果。在最常用的微生物制剂如蜡状芽孢杆菌、苏芸金杆菌和白僵菌方面,也有人对大菜粉蝶作了各种不同的混合处理,发现以细菌和真菌的混合处理效果最好。

## 几点建议

我国幅员广大,南北相距数千里,受地形、气候等

因素的影响,环境条件差异极大。这就产生了推广应用微生物农药的一些问题。例如:青虫菌在我国南方使用,效果很好;但在我国北方,效果就稍差。同样在我国北方,实验室中使用效果很好;而在田间使用效果就稍差。因此,为了促进我国微生物农药事业的发展,搞好普及推广工作,应着手于以下几方面的工作。

### (一) 大力开展增效剂的研究

首先应研究提高微生物活性和毒力的物质。这种物质,最好兼具填充剂和粘着剂的功效,以便于应用。

对填充剂和粘着剂的要求,大体上和一般农药相似,但要注意:①对昆虫无忌避作用;②无杀菌作用,至少在使用期间,不会降低微生物制剂的有效性。用化学毒剂与微生物混合增效的作法,虽在万不得已时可以采用,但以不普遍推行为宜。

针对我国地理、气候条件差异大的特点,适宜用不同微生物混合增效。可根据季节与环境条件的要求,或者使细菌制剂与真菌混合;或者使细菌制剂与病毒混合;或者把病毒、细菌、真菌三者都混合起来,以充分发挥不同微生物制剂的协同作用。

### (二) 使用方式要多样化

和化学农药一样,施用微生物制剂的工具,主要是喷雾器和喷粉器,目前还没有什么更好的办法,能够代替这类工具。曾有人作过实验,用苏芸金杆菌制剂饲喂小鸡、鹌鹑与母牛,对在这些动物排出的粪便上取食的家蝇,产生了良好的防治效果。又如用人工方法把感染微生物病原的蛴螬、蚜虫和黄粉蝶引入害虫的健康种群中以引起疫病流行。这种方式虽说在传播效率上赶不上喷雾器。但是这种方法,在那些交通不便或喷

药器械缺乏的地区,仍是有一定意义的。

### (三) 探索微生物使昆虫不育的可能性

使用微生物农药,很快杀死害虫,这虽然很好,但这并不是我们所希望的唯一方式。有时候,由于微生物寄生,使寄主的蛹和成虫虚弱,生殖系统破坏,失去生育力。这同样是我们所希望的。据说白僵菌就具有这种能力。有关这方面的材料不多,需要我们进一步研究。

### (四) 开展虫生微生物的普查工作

调查我国虫生微生物的资源,了解它们的种类或菌系、分布、数量以及在昆虫的自然疫病中的作用等。这样,一方面有利于今后因地制宜的利用原产地的微生物;另一方面,也可以针对某地的主要害虫种类,引入该地没有而且更为有效的致病微生物,制造人工疫病。

### (五) 开展新菌种的选育

微生物防治中,虽然已经得到了一些有效菌种,但是同客观需要还差的很远,尤其是对一些作物的主要虫害防治,还需要选择更多更有效的毒杀害虫的微生物。这些微生物的获得,一是要由自然界筛选,前述开展虫生微生物的普查有利于筛选工作收到更大效果。二是要大力进行人工诱变,选育出杀虫效率高的菌株。从另外一方面讲,还可通过菌种的选育工作,选育对家蚕无害而对害虫有效的新菌株。我们深信,在毛主席革命路线指引下,通过努力,一定会使“以菌治虫”发挥更大的威力,为农业大干快上作出新的贡献。