

农业害虫的微生物防治

居乃琥

为了和农业害虫作斗争,必须采用各种防治手段,即采用综合防治的方法。近年来,“以菌治虫”、“以病毒治虫”、“以虫治虫”等生物防治方法已经得到越来越广泛的应用,引起了国内外的重视。其中利用昆虫的病原微生物或其产物来防治农业害虫最引人注目,被称为微生物防治。本文就利用微生物防治农业害虫的有关问题作一概述。

细菌治虫

早在1879年俄国梅契尼可夫(Мечников)就曾大规模地使用一种叫做绿僵菌(*Metarrhizium anisopliae*)的真菌来防治小麦害虫。此后,利用微生物防治农业害虫的方法就逐渐在世界各国试验和应用起来。虽然,首先用于防治害虫的微生物是真菌,但是,目前应用最广的微生物却是细菌。以下介绍几种常用的杀虫细菌。

一、苏芸金杆菌

苏芸金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)是1911年由德国的 Berliner 从地中海粉蛾(*Anagasta kuhniella*)中分离得到的。1930年前后,开始用于防治农业害虫。目前仍然是一种防治农业害虫的主要微生物。

苏芸金杆菌一般按照其鞭毛抗原类型(即血清型)和酯酶类型进行分类。目前已发现有17个变种。我国于1959年引进苏芸金杆菌,以后,我国自己又分离了杀螟杆菌、青虫菌、松毛虫杆菌、140菌、7216菌等。

(一) 苏芸金杆菌的特征和毒素类型

苏芸金杆菌与蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)相近。营养细胞呈杆状,周身鞭毛,能运动,孢子囊不膨大,在芽孢形成的同时,形成对昆虫有毒的菱形或近正方形的蛋白质晶体,生长后期,孢子囊脱落,芽孢和晶体分离。

苏芸金杆菌的杀虫作用,主要是由于它能产生毒素。目前已经知道的毒素有五种: δ -内毒素、 α -外毒素、 β -外毒素、 γ -外毒素和不稳定外毒素。现分述如下:

1. δ -内毒素: 苏芸金杆菌在形成芽孢时,伴随产

生一种伴孢晶体—— δ -内毒素。当害虫吃进含有芽孢和 δ -内毒素的苏芸金杆菌药剂后, δ -内毒素就使害虫肠道麻痹,引起瘫痪,很快停止进食。随后,细菌进入血腔大量繁殖,又引起败血症,导致害虫很快死亡。害虫死亡时,虫体一般变黑或软化腐烂。

δ -内毒素是一种蛋白质类毒素。经害虫口腔进入体内,则显示极高的毒性,但经皮肤进入体内,则没有毒性。原来,这种结晶的 δ -内毒素是由原毒素(protoxin)构成的。在昆虫肠道内被激活。激活过程中,在蛋白酶的作用下,原毒素被分解,释放出一种或二种以上毒素。激活后的毒素经注射进入昆虫体内,则显示出毒性。

2. α -外毒素: 是由苏芸金杆菌分泌的一种酶——卵磷脂酶C,能分解昆虫组织的卵磷脂。目前对 α -外毒素的研究较少。

3. β -外毒素: 是由苏芸金杆菌的细胞壁分泌的一种耐热性毒素。它分子量较小,溶于水,对热稳定。现已查明, β -外毒素是核酸的衍生物,分子量700左右。它能杀死蝇、牛虻等双翅目或某些鳞翅目昆虫的幼虫或蛹。此外,对蚊、蝗虫、叶蜂、螳螂、白蚁、红蜘蛛、蝉类等都有毒性。最近还发现, β -外毒素也能杀死蔬菜的根瘤线虫。当土壤中施用苏芸金杆菌药剂时,根瘤线虫对农作物的危害也减少。

β -外毒素的毒性比 δ -内毒素低,只有后者的1/50。

4. γ -外毒素: 是一种未知的磷酸酶,可以作用于磷脂,分解出脂肪酸。

(二) 苏芸金杆菌的防治对象

苏芸金杆菌防治害虫主要是胃肠毒作用,必须由害虫吞食后才能生效。因此,对于刺吸式口器的害虫,如蚜、蚧、螨类,一般无效。目前已经发现,苏芸金杆菌对200种以上的农、林害虫有防治效果。其中对食叶性鳞翅目害虫都有不同程度的致病力和毒杀作用,而对于部分双翅目、膜翅目和鞘翅目害虫也有一定防治效果。目前已广泛地应用于防治松毛虫、菜青虫、苹果巢蛾、毒蛾、枣尺蠖、天幕毛虫、稻苞虫、玉米螟等害虫。

苏芸金杆菌与低剂量的化学农药,如敌百虫、六六六、滴滴涕、乐果、杀虫脒等混合使用,往往能产生增效作用。

我国从感病稻螟虫尸体内分离到的杀螟杆菌、从感病菜青虫尸体上分离到的青虫菌，都属于苏芸金杆菌类群的不同菌株。在防治对象及生产、使用方法等方面均与苏芸金杆菌差不多。

二、乳状病芽孢杆菌

乳状病芽孢杆菌 (*Bacillus popilliae*) 作为防治农业害虫的细菌，很有代表性。如用添加乳状病芽孢杆菌的饲料喂金龟子幼虫，则该菌能在虫体内迅速繁殖，破坏各种组织，不久虫体内充满芽孢而死去。因为该菌芽孢具有折光性，罹病金龟子的皮肤呈乳白色，故称为乳状病。该菌也因而得名。乳状病芽孢杆菌能使50种金龟子致病。

1939—1953年间，美国在国内广大地区撒布了109吨乳状病芽孢杆菌药剂。结果使每平方英尺土地上的金龟子由20—60只下降到1—3只。而且药效可保持9年之久。

但是，要利用人工培养基大量生产乳状病芽孢杆菌的芽孢，却相当困难。目前，国外采用以下几种方法来生产乳状病芽孢杆菌的芽孢药剂：(1) 采集金龟子幼虫，用微量注射器将乳状病芽孢杆菌的菌液注射到虫体内(每只约含芽孢100万)，使其大量繁殖。最后，将虫体干燥、粉碎，并加入填充剂而制成产品。此法成本较高，经济上不太合算。(2) 采用添加活性炭的液体培养基，使发酵液含芽孢数高达数十万。(3) 利用添加酵母膏的固体培养基，大量繁殖芽孢。(4) 利用在发育周期的末期成熟芽孢的移植，可将芽孢数提高到300万/毫升。目前国外生产的乳状病芽孢杆菌制剂每克含芽孢数1亿以上。

此外，缓死芽孢杆菌 (*Bacillus lentimorbus*) 与乳状病芽孢杆菌类似，也能使金龟子染病而死去。其差别是，乳状病芽孢杆菌最适生长温度为30℃，生长较迅速，芽孢有折光性；而缓死芽孢杆菌的最适生长温度为25℃，生长较缓慢，芽孢没有折光性。因此，缓死芽孢杆菌，也可用类似乳状病芽孢杆菌的方法生产，用于金龟子的防治。

此外，蜡状芽孢杆菌 (*Bacillus cereus*) 和梭状芽孢杆菌属 (*Clostridium*) 的病原菌也可用于防治农业害虫。

病 毒 治 虫

利用松锈锯角叶蜂的核型多角体病毒成功地防治欧洲虎尾松锯角叶蜂，是利用病毒防治农业害虫的早期尝试之一。此后，世界各国大力开展利用病毒防治农业害虫的研究和应用。与细菌、真菌相比，昆虫病毒宿主的特异性强，能更专一地杀死要防治的害虫。国外已有五种核型多角体病毒制剂，正式作为商品出售。

我国利用核型多角体病毒制剂防治桑毛虫、松毛虫、斜纹夜蛾、棉铃虫等害虫也取得了很大成绩。

一、昆虫病毒的类型

目前已知的无脊椎动物病毒已达300种左右。其中绝大多数以昆虫为宿主，造成昆虫的病毒病害。一般根据包涵体的有无，可将昆虫病毒分为包涵体病毒和非包涵体病毒两大类。

包涵体病毒在感染的宿主细胞中能形成不同形状和大小的蛋白质包涵体。包涵体内含有1个或多个病毒粒子。迄今为止，包涵体病毒只发现于昆虫纲。包涵体病毒又可细分为核型多角体病毒、细胞质型多角体病毒、颗粒体病毒、昆虫痘病毒四类。目前常用的防治害虫的病毒制剂都属于包涵体病毒。非包涵体病毒的特征是在感染的宿主细胞中不形成包涵体。这类病毒数量不大，分布却很广泛。除昆虫纲外，还存在于蜘蛛纲和甲壳纲。目前，利用非包涵体病毒防治柑桔红蜘蛛，也取得很好的效果。

上述五类病毒中，前三种占总数的95%左右。由于具有包涵体，抗逆性强，作为杀虫剂使用，实用价值较大。其中核型多角体病毒和颗粒体病毒最受人们重视，成为研究和使用的对象。

二、昆虫病毒的感染和形态

(一) 昆虫病毒的感染

昆虫病毒感染宿主的途径主要有三个：口腔感染；皮肤感染(或创伤感染)；胚胎感染(通过卵传递)。

一般说来，从昆虫幼虫感染病毒到幼虫死亡，有一个时间间隔，叫做潜伏期。不同类型的病毒感染后的潜伏期不完全相同，一般最少需要几天时间。因此，如果能够缩短昆虫病毒的潜伏期，对于害虫的防治，将有很大的实际意义。

(二) 昆虫病毒的形态

核型多角体病毒为杆状，大小为20—70 × 200—700毫微米。体表有两层膜。外面一层叫发育膜，里面一层叫紧身膜。发育膜内往往含有一个或多个病毒粒子。如桑毛虫核型多角体病毒含有6—10个病毒粒子，多的达到28个。多角体(包涵体)相当稳定，对用于防治害虫，非常有利。

三、病毒制剂的生产

昆虫病毒是在特异性宿主细胞内寄生的微生物，不能在无生命的人工培养基上生长繁殖。因此，病毒制剂的生产方法不如细菌杀虫剂简便。病毒制剂的生产方法有两种：利用病毒感染宿主昆虫来生产；利用组织培养来增殖病毒。前者已在生产上应用，后者尚处于试验阶段。

(一) 利用感染宿主昆虫来生产病毒制剂

此种方法,已在生产上实际应用。又可细分为如下几种方式:

1. 在室内(或室外)大量饲养昆虫,然后用病毒感染,收集病虫、死虫,制成病毒制剂。目前国外大量生产病毒制剂,也主要采用这种方式。

2. 人工收集田间感染病毒的病虫和死虫,包括人工散布病毒致死和自然罹病而死的虫体,制成病毒制剂。这种方式对于某些鳞翅目昆虫的核型多角体病毒,切实可行。

3. 在宿主昆虫虫体较小、饲养比较困难的情况下,可以考虑利用代替宿主的昆虫来生产病毒制剂。已经发现,有的核型多角体病毒可感染 13 种不同的昆虫。因此,有可能利用代替宿主昆虫来生产病毒制剂。这种方式有待于进一步研究并用于实际生产。

(二) 利用组织培养增殖病毒

目前已经知道,大多数昆虫病毒,都可以在无脊椎动物的组织培养中增殖。在适宜的条件下,其感染率相当高,而且,潜伏期也比在宿主上短。这就为利用组织培养来生产病毒制剂提供了可能性。目前已能利用昆虫的卵巢细胞、组织和器官以及哺乳动物的细胞培养昆虫病毒。但是离开用于实际生产,还有不小距离。

四、病毒制剂的使用

国内外的实践都证明,病毒杀虫剂对农作物、人、家畜、家禽、鱼类及家蚕等均无毒害作用。

目前,病毒制剂在防治害虫中的应用,主要有两个方面:

(一) 防治森林害虫

用核型多角体病毒防治欧洲虎尾松锯角叶蜂的危害,是利用病毒制剂长期性控制森林害虫最突出的实例。此外,昆虫病毒也已成功地用于防治桑毛虫、松毛虫、天幕毛虫等森林害虫。

我国利用自己分离的桑毛虫核型多角体病毒防治桑毛虫,获得很好的效果。喷洒病毒后的第五天,桑毛虫就开始发病死亡,10 天以后,2/3 桑毛虫感染致死。残存活虫在半个月后又出现第二次死亡高峰。20 天后,桑毛虫几乎全部死亡。甚至在经过七个月后,到第二年春季,越冬幼虫中病毒感染率仍可达到 36%,表现自然流行、持续有效的作用。

(二) 防治农作物害虫

利用病毒制剂在短期内防治农作物害虫的典型实例,当首推用核型多角体病毒防治甘蓝尺蠖。此外,核型多角体病毒可用于防治棉铃虫、烟草青虫、白菜褐夜

蛾、玉米螟和斜纹夜蛾;细胞质型多角体病毒可用于防治南方枯叶蛾、黄地老虎和麦穗夜蛾;颗粒体病毒可用于防治菜粉蝶等。

五、提高病毒制剂杀虫效果的措施

为了提高病毒制剂的杀虫效果,可以采用两种病毒混合使用、病毒和细菌、病毒和低剂量化学农药、病毒和增效剂混合使用。

当两种病毒同时感染宿主昆虫时,两者有时可表现出相互协同的作用。如用核型多角体病毒和颗粒体病毒混合感染六龄粘虫,其死亡率可由分别单独使用两者时的 3.4% 和 20% 上升到 80%。

当病毒和细菌混合使用时,应选择适宜的病毒和细菌,使要防治的害虫对二者都敏感,这样才能提高杀虫效果。

病毒和低剂量化学农药混合使用,其杀虫效果常比单独使用二者时高。例如核型多角体病毒和低剂量西维因混合使用,可使棉铃虫的死亡率提高到 95% 以上。

有些化学物质,如活性炭、木炭粉、铝粉、蓝墨水、印度墨汁、染料、卵清蛋白等,对病毒有一定的保护作用,可防止太阳光强烈照射使病毒失活,因此也能提高病毒制剂在田间使用的实际杀虫效果。

真 菌 治 虫

除去最早用作微生物杀虫剂的绿僵菌外,白僵菌属 (*Beauveria*)、虫霉属 (*Entomophthora*) 和拟青霉属 (*Paecilomyces*) 等真菌,也常常能杀灭自然界许多种类的昆虫。

一、绿僵菌

绿僵菌 (*Metarrhizium anisopliae*) 是最早用于防治农业害虫的真菌,目前国内外仍在应用。

(一) 绿僵菌的特征

绿僵菌可寄生于 8 个目、30 个科共约 200 余种昆虫、螨类及线虫上。罹病僵死的虫体覆盖绿色的孢子,称为绿僵病。该菌也因此而得名。

绿僵菌在培养基上,菌落扩展缓慢,绒毛状至棉絮状,最初白色,产孢子时橄榄绿色。菌丝有隔,分枝,透明。分生孢子梗常常不易与菌丝相区别,在其末端产生瓶形小梗。从瓶形小梗的末端连续形成串链的分生孢子。分生孢子单细胞,圆柱形,两端钝圆,成堆时橄榄绿色。

绿僵菌亦能产生外毒素。目前已知的毒素有腐败菌素 (destruxin, 也有人称为绿僵菌毒素) A、B、C、D 和脱甲基腐败菌素 B。腐败菌素注射到昆虫体内,有

很强的杀虫力。

对温度和湿度的要求比较严格。生长发育的最适温度为24—26℃,最适pH为6.9—7.2。若温度超过28℃,则出现羊毛状的衰老型菌丝,不能产生分生孢子。分生孢子发芽时,需要100%的相对湿度,孢子形成时要求93%以上的相对湿度。阳光对孢子形成有缓阻作用。该菌对碳源要求不严格。如培养基中有脂肪或肝糖时,发育更好。孢子在不接触活虫体壁的条件下,虽有适温高湿也不萌发,能保持活力3—5年。但遇活虫体壁就能萌发感染。

(二) 绿僵菌的防治对象

绿僵菌杀虫主要靠孢子接触虫体后,在适宜环境下萌发,长出菌丝,穿过体壁,在虫体内大量繁殖,使害虫得病,约3—5天内死亡。死亡的虫尸僵直并呈绿色,长满绿色的孢子。绿僵菌可用于斜纹夜蛾、棉铃虫、稻苞虫、玉米螟、玉米钻心虫、甘蔗金龟子和地老虎等的防治。

二、白僵菌

白僵菌(*Beauveria bassiana*)是一种常见的广谱性昆虫寄生真菌。

(一) 白僵菌的特征

白僵菌广泛寄生于5个目、24个科共约190多种昆虫的幼虫、蛹及成虫上。罹病死亡的虫体白色僵硬,体表长满菌丝及白粉状孢子,称为白僵虫。

白僵菌也能产生毒素,叫白僵菌毒素(Beauvericin)。目前已制成结晶,结构式也已确定。白僵菌毒素能与碱土金属形成络合物。目前,尚未发现白僵菌毒素对昆虫有什么作用。

在人工传代培养中,白僵菌的生长速度和毒力常会下降,传代到第17—20代可降至50%以下。因此,一般在第15代以前要进行复壮,以保持菌种的生长速度和毒力。常用的复壮方法有虫体复壮、稀释分离、更换培养基和分离新菌株等方法。

(二) 白僵菌的防治对象

白僵菌对200多种害虫有致病作用。可用于多种农、林害虫的防治。其中以防治松毛虫、玉米螟的效果显著。此外,也可用于茶毛虫、菜青虫、大豆食心虫、稻苞虫、稻叶蝉、稻飞虱等的防治。苏联利用白僵菌防治马铃薯甲虫和苹果蠹蛾。

目前已分离出白僵菌的70多个变株。不同的白僵菌菌株有一定程度的专一性。如松毛虫白僵菌菌株,防治松毛虫效果较好;稻叶蝉白僵菌菌株,防治稻叶蝉效果较好。

另据报道,纤细白僵菌(*Beauveria tenella*)对甲虫

类的幼虫有很强的致病性,防治害虫的效果比细菌、病毒等好。

三、虫霉属真菌

虫霉属(*Entomophthora*)真菌又称为疫病菌,以往曾因其能引起昆虫的流行病而著名。但是,该菌分生孢子的生命极短,休眠孢子发芽非常困难。因此,在自然界如何突发性地引起昆虫群体的死亡,原因尚不清楚。最近发现,在低温干燥条件下,蚜虫霉(*Entomophthora aphidis*)等能在僵死的虫尸上生存32周以上。若湿度增大,则形成分生孢子。另外,还发现,在隔绝空气的条件下,几种虫霉属的真菌,通过厚膜化的菌丝,可生存5年。因此,也有可能用于防治害虫。

除上述三类真菌外,紫赤穗霉(*Spicaria rubropurpurea*,也有人译为紫赤僵菌)、虫花棒束孢(*Isaria farinosa*,也有人译为粉状棒束霉)等也可用于防治农业害虫。

此外,蝇、蚊、烟草蛾、稻螟蛾等昆虫,吃进黄曲霉(*Aspergillus flavus*)、寄生曲霉(*Aspergillus parasiticus*)、扩展青霉(*Penicillium expansum*)等分泌的黄曲霉毒素等真菌毒素后,会中毒死亡。因此,国外近年来利用这类真菌毒素防治农业害虫的试验日见增多。但是,考虑到黄曲霉毒素等物质,毒性大,致癌力强,对人、家畜、家禽的健康威胁极大,我们认为,不宜提倡利用真菌毒素来防治农业害虫。

微生物防治害虫的展望

综上所述,微生物杀虫剂在防治农业害虫方面发挥了很大作用。由于微生物杀虫剂不会造成公害,因此,这种“无公害农药”引起了世界各国的重视,已成为近年来研究十分活跃、发展十分迅速的领域。

微生物杀虫剂,目前还存在毒效不够稳定、杀虫谱不够广泛、有些制剂的生产方法不太完善、实际使用中受环境条件影响等问题,有待进一步研究和改进。

今后,对于微生物杀虫剂的应用技术和基本理论的研究,将会进一步加强。两者之间,相互促进,相互推动。

特别是在基本理论方面,除有必要做昆虫病原微生物的基本调查研究外,要着重研究和解决以下问题:开展微生物杀虫剂致病机制的研究,了解其侵染途径,揭开微生物杀虫剂对害虫特效性、专一性的奥秘;研究微生物毒素的有效成份及其杀虫作用的机制,弄清其化学结构,进而研究微生物毒素的人工合成,把微生物防治发展到分子水平;开展昆虫的微生物致病的流行病学及抗性的研究,把农业害虫的微生物防治这门学科发展到一个新的阶段。