

生物武器的历史与现状^{*}

蒋明森 赵琴平

武汉大学医学院病原生物学系 武汉 430071

9·11 一声巨响,紧接着“邮寄白色粉末事件”使整个美国陷入恐惧。美国卫生与公众服务部部长汤普森于2001年10月14日在华盛顿接受福克斯新闻台采访时称,最近在美国发现的多起炭疽病例为“生物恐怖”。这是人类遭受病原生物袭击后,美国首次公开承认面对的是“生物恐怖”,而对于造成“生物恐怖”的直接原因——生物武器人们则并不陌生。从国家安全考虑,有必要对生物武器更加全面和深入地了解,本文仅就生物武器的历史与现状作一浅析。

1 生物武器的历史

生物武器过去称细菌武器,是指以生物战剂杀伤有生力量和毁坏植物的武器。生物战剂则是指能满足军事目的与使用技术要求,对人畜造成大面积杀伤,对农作物造成大面积破坏的致病微生物以及由此类微生物产生的传染性物质的总称。它是构成生物武器杀伤力的决定因素和基础。

生物武器的研究约有100年的历史,20世纪初至第一次世界大战结束为第一阶段,主要研制者是德国;研制的生物战剂仅是几种人畜共患的致病细菌,如炭疽杆菌、鼠疫杆菌等;其生产规模小,施放方法简单,主要由间谍秘密污染水源、食物或饲料。20世纪30~70年代为第二阶段,其发展的特点是生物战剂种类增多、生产规模扩大,主要施放方式为飞机播洒带有生物战剂的媒介物,该时期是历史上生物武器使用最多的年代。第三阶段始于70年代中期,其特征是生物技术迅速发展,特别是DNA重组技术的广泛应用,不但有利于生物战剂的大量生产,而且为研制适用于生物战要求的新战剂创造了条件,使生物武器进入“基因武器”阶段。

应该说,人类首次“生物战”发生于1763年3月。当时,正在俄亥俄-宾夕法尼亚地区进攻印第安部落

的英国人亨利·博克特上校,把从医院拿来的天花病人用过的毯子和手帕,作为礼物送给两位敌对的印第安部落首领。几个月后,天花在该部落中流行起来。结果英国人不战而胜。

然而,现代意义上的生物武器却是在20世纪,随着微生物学和武器技术的发展而出现。第一次世界大战期间,德军曾以炭疽与马鼻疽病菌袭击协约国军队和马匹。此举遭到各国人民的强烈反对,战后于1925年6月17日在日内瓦签订了关于禁止使用毒气和细菌武器的协定书。第二次世界大战期间,生物武器仍不时地被一些国家用于战场。还有一些国家很早就成立了专门的生物武器研究所,例如,二战时日军的731部队,美国的达格威实验场、陆军传染病研究所等。

将生物武器大规模用于战场上的则是军国主义的日本,即以石井四郎为首推动和实践的黑太阳“731部队”。其鼎盛时期,工作人员达3000余众。当年侵华日军实施的细菌战是迄今为止人类历史上规模最大的细菌战。他们使用的生物战剂主要有:伤寒、副伤寒、霍乱、菌痢、炭疽、马鼻疽、鼠疫、破伤风、气性坏疽等病原微生物。主要通过投放细菌炸弹、飞机喷雾和人工散布等方式,甚至丧尽天良地用活人进行试验。

鉴于生物武器给人类带来巨大痛苦,1971年12月16日联合国第26届大会通过了《禁止生物武器公约》,于1972年10月在华盛顿、伦敦、莫斯科开放供各国签署,1975年3月26日正式生效。

2 生物武器的特点

2.1 致病性强,传染性大 生物战剂多数为烈性传染性致病微生物,少量即可使人患病。传染性大,在缺乏防护、人员密集、平时卫生条件差的地区,极易传播、蔓延,引起传染病流行。

^{*} 作者简介:蒋明森,男,1946~,教授,博士生导师,主要从事血吸虫的生物学和免疫学研究

2.2 污染面积大, 危害时间长 直接喷洒的生物气溶胶, 可随风飘到较远的地区, 杀伤范围可达数百至数千平方公里。在适当条件下, 有些生物战剂存活时间长, 不易被侦察发现。例如炭疽芽胞具有很强的生命力, 可数十年不死, 即使已经死亡多年的朽尸, 也可成为传染源。其芽胞可以在土壤中存活 40 年之久, 极难根除。

2.3 传染途径多 生物战剂可通过多种途径使人感染发病, 如经口食入, 经呼吸道吸入, 昆虫叮咬, 污染伤口, 皮肤接触, 粘膜感染等。

2.4 成本低 有人将生物武器形容为“廉价的原子弹”。据有关资料显示, 以 1969 年联合国化学生物战专家组统计的数据, 当时每平方公里导致 50% 死亡率的成本, 传统武器为 2 000 美元, 核武器为 800 美元, 化学武器为 600 美元, 而生物武器仅为 1 美元。

2.5 使用方法简单, 难以防治 可通过气溶胶、牲畜、植物、信件等多种形式释放传播, 只要把 100 公斤的炭疽芽胞经飞机、导弹、鼠携带等方式释放散播在一个大城市, 300 万市民就会危及生命。气溶胶无色、无味, 多在黄昏、夜间、清晨、多雾时秘密施放。所投带菌的昆虫、动物也易与当地原有种类相混, 不易发现。

2.6 生物武器的局限性 易受气象、地形等多种因素的影响, 烈日、雨雪、大风均能影响生物武器作用的发挥。生物武器使用时难以控制, 使用不当可危及使用者本身。生物战剂进入人体到发病均有一段潜伏期, 短则几小时, 长则一周以上, 在此期间采取措施, 可减轻其危害。

3 生物武器的使用方式

生物武器的使用方式依打击目标、生物制剂和载体的不同而异。过去主要是利用飞机投弹, 施放带菌昆虫等动物。今后将主要利用飞机、舰艇携带喷雾装置, 在空中、海上施放生物战剂气溶胶; 或将生物战剂装入炮弹、炸弹、导弹内施放。

有专家认为, 今后战争中, 用播撒媒介昆虫等生物方法进行细菌战的可能性仍存在, 如蚊、蝇、虱、蚤等。这些昆虫和动物与人类关系密切, 并且能够大规模的繁殖。日军 731 部队就曾饲养过繁殖力极强的东北老鼠用于散布鼠疫杆菌的媒介, 并曾用飞机播撒带鼠疫菌的跳蚤; 美国在朝鲜战争期间, 也曾用飞机播撒过带有致病微生物的鼠、雀、蝇、蚊和蚤等动物, 用于污染水源、交通枢纽和居民稠密区。

更多的可能是用飞机、军舰、炮弹播撒微生物气溶胶的方式进行生物战。所谓“气溶胶”, 就是把生物战剂做成干粉或液体, 喷撒在空气中, 形成有害的气雾云团。气溶胶中的颗粒很小, 约为 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$, 肉眼甚难察觉, 渗透力强, 杀伤范围广, 人经呼吸道吸入, 使人致死量较其他感染途径剂量小, 通常一些由食物或昆虫传播的致病体也可以通过气溶胶由呼吸道感染。如 A 型肉毒毒素通常是经食物传播, 口服致死剂量约为 0.002 mg, 而经呼吸道吸入的致死剂量只需 $0.3 \mu\text{g}$ 。

4 生物武器的分类

4.1 按生物战剂的性质分类 可分为细菌, 包括: 炭疽杆菌、鼠疫杆菌、霍乱弧菌、马鼻疽杆菌、野兔热杆菌、布鲁氏杆菌、军团杆菌等。病毒, 包括: 黄热病毒、委内瑞拉马脑炎病毒、天花病毒、森林脑炎病毒、登革热病毒、拉沙热病毒、裂谷热病毒等。立克次体, 如斑疹伤寒立克次体和 Q 热立克次体等。衣原体, 如鸟疫(鹦鹉热)衣原体等。毒素: 如肉毒杆菌毒素、葡萄球菌肠毒素等。真菌: 如球孢子菌、组织胞浆菌等。

4.2 其他分类方法 如按毒害作用大小划分, 可分为致死性战剂和失能性战剂。按有无传染性, 又可分为传染性和非传染性战剂。

5 生物战剂在生物武器中的地位

今天的生物武器已发展到 6 类 28 种, 现仅就其中几种作一简介。

5.1 炭疽杆菌(bacillus anthracis) 炭疽杆菌是人类历史上第一个被证实引起疾病的细菌, 也是具悠久历史的一种生物武器。有关化学生物战专家评估, 在恐怖分子可能利用的所有潜在生物战剂中, 炭疽杆菌是最容易获得的。炭疽杆菌感染所引起的炭疽是一种人兽共患传染病, 目前还没有人与人之间接触传播炭疽的证据, 主要是直接或间接接触病畜而感染, 也可由吸血昆虫叮咬感染。炭疽杆菌释放炭疽毒素, 造成患者严重休克和死亡。人感染炭疽的渠道有 3 种: 皮肤渗透、呼吸和饮食, 引起皮肤型、肺型和胃肠型炭疽病。

炭疽杆菌可以用常规的商用实验设备大批培养, 芽胞形成后可制成白色或浅褐色粉末。恐怖分子如果只想感染一小批人, 将芽胞洒在信封里即可。炭疽芽胞直径约 $1 \sim 5 \mu\text{m}$, 即使受过培训的生物学家

也需要合适的设备才能将其与普通物质区别。要想感染一个城市, 则需通过飞机或工业喷洒器散播, 还必须用一种惰性化学物品与芽胞混合以保持芽胞在空中的悬浮能力, 难度大, 成本高。

炭疽并非无药可治, 人类已经研制出疫苗和抗生素, 可以有效进行防治。即使感染了炭疽, 初期的治疗也比较容易。发现及时, 对症处理, 感染者一般无生命之忧。

目前, 美国已研制出一种炭疽疫苗, 仅提供给军事人员, 目的是在美国 240 万军队遭生物武器袭击时使用。美国已将其列为重要的生物战剂剂和重点防护目标。美国纽约洛克菲勒大学的科学家们日前宣布, 他们发现了一种能够杀死任何一种炭疽杆菌的酶, 它通过分解炭疽杆菌的细胞壁来破坏对抗生素有抗药性的炭疽菌。该酶仍处于试验阶段, 它是否会破坏人体健康的细胞还有待进一步研究。

5.2 鼠疫杆菌 (*Yersinia pestis*) 鼠疫是由鼠疫杆菌所致的烈性传染病, 《中华人民共和国传染病防治法》将其列为甲类传染病。鼠疫为一种典型的自然疫源性人兽共患病, 临床上有腺鼠疫、肺鼠疫、败血性鼠疫等型; 起病急、高热、寒颤、淋巴结肿胀及疼痛、毒血症候群为其特征, 病程短, 病死率高。

鼠疫在人间流行前, 一般先在鼠间流行。传染源为啮齿类动物, 野生鼠类为主要传染源, 蚤为传播媒介。鼠→蚤→人是本病的主要传播方式。当鼠蚤吸取含病菌的鼠血后, 细菌在蚤胃大量繁殖, 形成菌栓堵塞前胃, 当蚤再吸入血时, 病菌随吸进之血反吐, 注入动物或人体内。蚤粪也含有鼠疫杆菌, 可因搔痒进入皮内。病原体也可经破损皮肤而感染人体。肺鼠疫病人的大量鼠疫杆菌可随呼出的飞沫传播, 因此亦可以人→人传播。

鼠疫之所以会被用作生物武器, 一是传播速度快, 二是病死率高。鼠疫可以借染菌的鼠类和蚤类进行生物战, 还可以通过大量气溶胶的释放对人群进行攻击。鼠疫杆菌对人有高度感染性, 估计大约吸入 2 000~3 000 个鼠疫杆菌即可使人感染发病。

5.3 天花病毒 (*smallpox virus*) 天花病毒最初出现在古埃及, 后来逐渐扩散到世界各地。天花病毒主要通过空气传播。天花是被人类消灭的疾病之一, 最后 1 例天花患者发生于 1977 年, 1980 年世界卫生组织宣布, 人类的天花病已被彻底消灭。现在重新引起人们的注意, 是因为在美国陷入炭疽恐慌之际, 一些科学家警告致命性更强的天花有可能在全球范围内爆发。目前, 世界上仅存两个天花病毒的毒种,

一个在俄罗斯新西伯利亚地区 Koltsovo 的国家病毒和生物技术中心 (IMB), 另一个在美国亚特兰大的疾病控制中心 (CDC)。由于担心恐怖分子可能利用天花病毒发动袭击, 联合国已延期执行原定在 2002 年销毁天花疫苗储备的决定。

美国早在 1972 年就已停止接种牛痘, 其他国家停止接种的时间是 1980 年初, 而牛痘的免疫期只有 10 年, 就是说, 不仅美国人, 而且全世界的人, 都已不再具备天花病毒免疫能力。尤其对于从未接种过牛痘的人来说, 就更容易受到天花病毒的侵袭。那么再给每个人接种牛痘不就完事了吗? 事情没那么简单。接种牛痘往往会产生很大的副作用, 引发一些并发症。尤其是那些 HIV 感染引起的免疫系统功能低下、孕妇、癌症化疗患者等, 接种后会产生一系列严重反应, 甚至还会危及生命。美国 CDC 指出, 除非已确认天花将要流行, 否则不到万不得已是不能接种牛痘的。这就是恐怖分子选中天花病毒作为生物武器的重要原因。而且传播天花病毒也易如反掌, 只要将病毒放入喷洒雾剂的小容器中喷洒即可。用这种方法, 在封闭的场合, 如地铁内喷洒, 能造成极大的传染范围。两周后, 受传染者便会出现发烧、疼痛等非典型症状, 等到确诊时, 许多人早已被染。如喷洒在国际机场, 天花病毒很快会被传播到世界各国。

良好的疾病检测系统和快速的应付举措是成功控制天花的关键所在。目前, 一些政府已经开始检查本国的天花疫苗库存量和质量水准, 并考虑在什么情况下再增加库存供给。

5.4 肉毒杆菌毒素 (*botulinum toxin*) 肉毒杆菌毒素是已知毒性最强的细菌性毒素中的一种, 属于神经性毒素。人经口服的致死剂量约为 0.002 mg, 若以喷雾发放, 人只要吸入 0.3 μg 就能致死。因此, 它可以算作最具威胁的恐怖生物毒素。肉毒中毒的途径一是经“口”, 另外是通过呼吸道, 终因呼吸麻痹而死亡。

肉毒杆菌毒素的毒性虽高, 但在实际使用中, 由于它在空气中很快失活, 故其杀伤力仅与神经性毒剂相当。不过随着技术的改进, 如微胶囊化技术的应用, 可以减少它在分散过程中的分解, 这无疑可大为提高这一毒素武器的杀伤威力。

5.5 出血热病毒 (*hemorrhagic fever virus, HFV*) 日前, 美国生物武器民防协作小组专家警告说, 如果现在受到 HFV 生物武器攻击, 对此还没有准备就绪。和炭疽一样, 美国已将 HFV 归入 A 类生物武器。

HFV 总共有 4 个科, 如果被用作生物武器, 可导致 8 种严重疾病: 埃博拉病毒病(Ebola)、马尔堡病(Marburg)、拉沙热(Lassa fever)、新世界沙粒样病毒感染(New World arenavirus)、裂谷热(Rift Valley fever)、黄热病(yellow fever)、鄂木斯克出血热(Omsk hemorrhagic fever)和夸塞纳森林病(Kyasanur Forest disease)。

为对付可能发生的 HFV 生物武器攻击, 生物武器民防协作小组协作制订了 HFV 诊疗常规。散布 HFV 生物武器, 可在 2~21 d 后导致无明显特征的发热病暴发流行, 其他临床表现可能有皮疹、出血和休克。传播方式和临床病程因感染的 HFV 不同而异。由于大多数医师对 HFV 感染并不熟悉, 临床表现又各异, 加之缺乏可普遍采用的诊断试验, 所以常常延误诊断。目前尚无批准用于治疗 HFV 感染的疫苗。

目前, 治疗 HFV 感染可能有效的药物只有利巴韦林, 但它并不能治疗所有 HFV 感染, 而且备有利巴韦林的单位也不多。专家小组呼吁加大研究 HFV 诊断和治疗新方法的力度, 并研究处理 HFV 感染病人和标本的安全方法。

除了以上所介绍的生物战剂外, 其他一些病原体如霍乱弧菌、斑疹伤寒立克次体、鹦鹉热衣原体、委内瑞拉马脑炎病毒等均被认为可用于生产出重要的生物武器。

6 生物武器研制中值得警惕的动向

尽管有《禁止生物武器公约》, 但生物武器由于其特殊的优势和用途仍被某些国家和组织秘密研制, 应引起人们足够的警觉。

6.1 对已有的生物战剂进行提高和改进 尽管生物武器的威胁巨大, 但由于其本身存在重大缺陷, 比如易受外界环境的限制等, 所以新的研制动向之一就是利用物理化学方法改进现有的战剂以提高其威力。如改良战剂的物理特性; 往战剂中加入某种制剂以提高其对气溶胶化和分散应力的耐受力; 掩蔽战剂的某些特性使之难以被侦检和报警; 增强战剂颗粒的感染力等。施放手段上也已日趋完善和先进, 从而给防范增添了更大的难度。

6.2 开发利用新发现的病原体或毒素 除对现存战剂进行改进外, 有些国家还在进一步寻找毒性更大、致死性更强的新型战剂。正在研究的一些新的病毒和细菌有马尔堡病毒、埃博拉病毒、拉沙热病毒以及军团菌等。这些病原生物都被作为新的生物战剂来加紧研究, 而且随着生物技术的发展, 这些病原

生物还可被作为气溶胶来进行使用。

6.3 警惕基因武器的研制 基因武器, 就是运用遗传工程技术, 采用类似工程设计的方法, 利用重组 DNA 技术来改变非致病微生物的遗传物质, 根据作战需要, 在一些致病细菌或病毒中插入能对抗普通疫苗或药物的基因, 产生具显著抗药性的致病细菌, 或在一些本来不会致病的微生物体内插入致病基因, 产生出新的致病生物制剂。

基因武器的优势, 首先是成本低, 便于大规模研制; 其次是杀伤力极强, 用 5 000 万美元建造的基因武器库, 其杀伤力远远超过用 50 亿美元建造的核武器库。基因武器的特有功能之一, 就是从武器的使用到发生作用都没有明显的症候, 即使发现也难以破解遗传密码和实施控制。

有关专家认为, 基因武器的秘密研制可能产生一些人类在已有技术条件下难以对付的致病微生物, 从而给人类带来灾难性的后果。英国生物学家断言, 基因武器的问世不会晚于 2010 年。为此, 他们向全球发出强烈呼吁, 各国政府有必要采取紧急措施, 以制止基因武器的研制与扩散。

7 生物武器的遏制及防范对策

7.1 严格遵守国际公约 1972 年, 在禁止使用生物武器的 1925 年日内瓦协议出炉后半世纪, 各国代表签署了另一个相关的国际公约——《生物及有毒武器公约》(Biological and Toxin Weapons Convention, BTWC)。该公约规定除用于“预防疾病、防卫及和平”以外, 禁止开发和拥有生物武器。《生物及有毒武器公约》于 1975 年生效, 其后陆续得到 143 个国家的签署(或立法)以及另外 18 个国家初步同意签署。中国于 1984 年接受了该公约。

但是没有任何机构对公约成员的履约情况进行监督, 许多专家认为这是执行公约的一个“黑洞”。1994 年, 公约成员国特别会议期间组成了一个以“加强公约实施效力, 改善公约实施状况, 确定并审查具体核查措施”为目的的特别小组。该特别小组经过 6 年的艰苦努力最后制定了一个补充草案, 目的是为了加强公约的实施效力。

2001 年 7 月 25 日在瑞士日内瓦特别小组会议上, 美国是唯一拒绝接受该草案的国家, 布什政府认为该补充草案有损美国利益, 所以没有在草案上签字, 其做法令国际社会震惊。2001 年 11 月 19 日, 《生物及有毒武器公约》各成员国代表齐聚日内瓦进行为期 3 周的第 5 次审议大会。炭疽事件的发生, 无

疑给生物及有毒武器公约历史上具有关键意义的一次会议制造了一种不祥的气氛。英国 Bradford 大学和平研究系访问教授 Graham Pearson 于 1995 年之前一直主持英国国防部化学及生物防御机构的工作, 他说: “11 月会议还不是大家互相进行指责的时候。”更重要地是, 大家应通过扩展公约所涵盖的科学进步(如基因技术)的范围“来重申公约的准则”。

9·11 以后的世界发生了很大的变化, 美国总统布什于 2002 年 6 月 12 日在白宫签署了防止生物恐怖袭击法案, 使之成为正式法律, 旨在加强美国防止和应对生物恐怖袭击的能力。该法案授权拨款 430 亿美元用于购买疫苗、改善食品检查和加强供水系统的安全。布什在签署仪式上说, 生物武器是世界上最危险的武器, 保护美国公民免遭生物恐怖袭击是政府的当务之急。

7.2 提高警惕, 采取主动防范措施 没有人愿意生活在恐惧之中, 尤其当人们不知道危险何时来临的时候更是如此。面对这看不见的凶手, 恐惧本身就足以动摇一个社会的正常运转。生物武器之所以被禁止使用, 不仅仅是源于善良人们的愿望, 正如核武器一样, 没有人真的知道发动一场大规模的袭击后, 结果会如何。高度发达的交通运输, 使控制变得更加艰难, 再考虑到生物之间的相互作用, 任何一个有实力的国家, 也不会将之轻易使用。

但在 9·11 事件之后, 一切都需要重新考虑。对于根本不在乎生命的恐怖组织来说, 挟生物武器以恐吓天下的可能性有多大呢? 伴随着发生在美国本土的几例现代罕见的炭疽的出现, 生物武器的幽灵第一次盘旋在新世纪的上空。这些病例或许纯属偶然, 但未雨绸缪也是有必要的。

因此, 针对生物武器的特点, 采取必要的防范措施势在必行。及时查明敌人生物武器袭击企图并彻底摧毁之, 是最积极有效的防护。经过几十年的研究探索, 生物武器的侦察、检验、预防和消毒技术都已取得了长足的进步, 成为军队防护的一个重要组成部分。今后, 随着高新技术的发展, 三防技术必将取得新的突破。

战剂侦检。即组织对敌人生物武器袭击的侦察与检测。敌人使用生物武器的主要特征是: 用飞机喷洒生物战剂气溶胶时, 飞行高度低、速度慢, 航迹出现云雾; 用生物弹投放战剂时, 爆炸声音小而低沉, 闪光小或无, 弹坑浅, 弹气大, 弹坑周围有粉末或残液痕迹; 投放生物战剂媒介物时, 地面上会出现动

物异常, 或有异常物品。此外, 被生物武器攻击的领域, 人群和动植物会出现突发性传染病或异常死亡等。一般而言, 敌人使用生物战剂气溶胶攻击是不容易发现的, 需用专门仪器和侦检技术。

美国 Sandia National Laboratories 的研究小组日前宣布, 该小组正在与美国能源部合作, 共同研究能够尽早发现以地铁及车站等场所为目标的生化武器袭击, 并及时采取对策的系统。该系统将融合检测有毒气体的化学传感器和网络技术。安装在车站的传感器一旦检测到某种有害物质, 就会自动向管理中心通报或自动进行引导旅客避难的广播及封锁入口等处理。该系统除了能够在专用的管理中心进行监视之外, 还可以通过 WWW 进行远程监视。Sandia 研究所正在开发能够尽早检测出空气中有害物质的传感器“ μ ChemLab”。

免疫预防。即通过人工接种生物制品激发人体内免疫系统产生特异的免疫应答, 从而形成特异性抵抗力, 破坏或排斥进入机体的病原体。

许多专家认为一个国家要应对“生物恐怖”, 首先要储备足够批量的疫苗、充足的药物和手段, 以保证对付一些突发事件。遵照国家安全委员会的建议, 美国 CDC 决定增加天花疫苗储量, 为预防炭疽的侵袭, 美国政府将追加 15 亿美元, 在全球采购环丙沙星等抗生素药物。美国国家卫生研究院 2002 年 6 月 14 日公布一项计划, 列举了针对最令人担忧的生物恐怖主义毒剂需进行的基础试验室研究和临床研究项目, 预计总额约 12 亿美元的反生物恐怖主义研究基金将首先用于研制抗炭疽和埃博拉病毒新疫苗以及如何增强人体免疫系统能力, 抵抗病毒入侵的基础研究。此外, 该计划中其它一些研究项目还包括研制天花、鼠疫、野兔热、病毒性出血热等疾病的疫苗。

救治病人。对病人、病畜及时采取隔离措施, 由医务人员进行治疗。对病人要限制与他人接触, 并加强消毒, 积极治疗, 直至症状消失。疫区消毒。对疫区要及时标明, 实行封锁, 限制人员和物资进出, 并组织医务人员或防化分队进行彻底消毒。

除害灭病。对敌人投放的生物战剂及其媒介物, 可采取烈火烧煮、泥土掩埋、药水浸渍、烟雾熏杀等措施处理。其中最有效彻底的办法是烈火焚烧和蒸煮, 因为绝大多数致病微生物加热至 100 °C 以上即死亡。

(2002-09-22 收稿)