

苏芸金桿菌研究的五十年

刘崇乐 傅貽玲 夏邦穎 著
任改新 张书芳

科学出版社

苏芸金桿菌研究的五十年

刘崇乐 傅貽玲 夏邦穎 著
任改新 张书芳

科 学 出 版 社

內 容 簡 介

当前利用微生物消灭害虫的生产实践和基础研究都有重大的进展，其中尤以苏芸金杆菌较为突出。为了便利国内从事这方面工作人员的参考，本书综述五十年来有关苏芸金杆菌的主要文献，就桿菌的特性、分类、分布、形态、生理、培养与生产、毒效测定、使用方法、致病試驗、使用范围、致病机制、安全问题等方面加以总结。此外并包括部分未发表的工作结果。

本书对从事昆虫病理学研究、微生物防除实践和菌剂生产者們提供参考。

苏芸金杆菌研究的五十年

刘崇乐 傅貽玲 夏邦穎 著
任改新 张书芳

*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1962 年 5 月第 一 版

书号：2522 字数：86,000

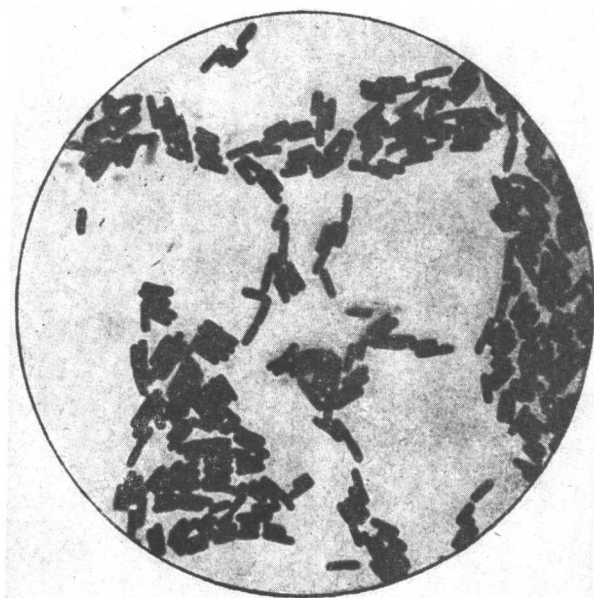
1962 年 5 月第一次印刷

开本：850×1168 1/32

(京) 0001—1,000

印张：3 3/8 插页：1

定价：0.55 元



照片引自 Berliner 1915 記述新种的原图, 格兰姆染色

序 言

自 1959 年由捷克引种苏芸金杆菌之后,中国科学院昆虫研究所即在北京对楊天社蛾 (*Melalopha anachoreta* Fabricius) 与菜粉蝶 (*Pieris rapae* Linnaeus) 幼虫进行毒效試驗,并在湖南对松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* Walker) 展开林間应用与菌粉試制,均获有显著成果。此外,又与湖南細菌肥料厂和农葯厂合作,从事工厂式生产,并将菌种分送农业机关与院校进行各項試驗。基于上述的情况,苏芸金杆菌在国内各地引起了很大的注意。为了充实我們工作必需的知識,我們抽用冬寒季节部分時間,做了有关文献較广泛的閱讀与分析,积累的資料成为这本小书的雛模。由于我們工作經驗淺薄,和工作条件的限制,全面綜述难免掛漏,但鉴于各方面从事这项工作的人們都有同样的需要,特将初步結果提前报导,同时鉴于苏芸金杆菌的某些技术問題,經过一段摸索已取得初步解决,为了便于大家使用,也将这部分資料包括在本书之内。我們希望这本书的写作能促使国内对苏芸金杆菌的研究进入一个新的发展阶段。

苏芸金杆菌这个名称是由音譯杆菌的种名 *thuringiensis* 而得来的,在 1909 年德国苏芸金 (Thüringen) 地方的一个面粉厂寄出一批染病的地中海粉螟 (*Anagasta kühniella* (Zeller)) 幼虫交給 Berliner 去检查研究。他首次分离出这种杆菌,并在 1911 年在“粮业杂志” (Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen) 上,簡短地报导了这个发现,但由于工作的調动,直至 1915 年,他才发表文章为新种命名,并詳述其性状与利用的可能性。我們这本小书在 1961 年編写完成,恰逢发现苏芸金杆菌的 50 周年,作为一个 50 年来工作的初步总结,是有历史意义的。

自 1958 年以来,在总路綫,大跃进,人民公社三面紅旗的光輝

照耀下,我国社会主义建設,包括科学研究工作,以空前的速度,取得了巨大的进展。苏芸金杆菌工作在这个划时代的期間,从国外引种,田間使用,工厂試制到捷克专家講学,系統研究的开展,只經過了一个很短的过程,这又一次証明三面紅旗伟大的号召力量,更反映出我們党对科学事业的正确領導。这本小书于“五一”节前写成初稿,于“七一”节前做了修訂,現在为了表达我們对党的关怀科学,发展科学和領導科学的感謝心情于万一,謹将此书作为庆祝中国共产党四十周年紀念的一个微薄的献礼。

在交稿期間,我們在一次新书展覽上看到本年出版的Krieg^[128]为紀念 Berliner 的發現五十周年而写作的“苏芸金杆菌”一书,該书既同是一个专题的文献綜述,其內容和本书頗有类似之处,但由于本书的編写既为适应国内目前的需要,例如对某些操作技术闡述較詳,因而两书也有所不同,我們保留了这个特点,同时也做了一些补充。值得指出的是,这两本书的出版先后仅隔数月,正說明苏芸金杆菌在昆虫病理与生物防除的进展中占有多么重要的地位。

在編写过程中,我們承昆虫研究所許多同志协助解决有关文献的問題,統此致謝。又承北京圖書館在展覽完毕即借閱 Krieg 的书,对定稿工作大有裨益,謹表謝忱。

刘 崇 樂

1961 年 11 月于北京

目 錄

序言	刘崇乐 (vii)
第一章 研究苏芸金杆菌的意义	刘崇乐 (1)
第二章 苏芸金杆菌的分类与分布	刘崇乐 (5)
第三章 苏芸金杆菌的形态与生理	傅貽玲 (14)
第四章 苏芸金杆菌的培养与生产	夏邦穎、张书芳 (19)
第五章 苏芸金杆菌的毒效成分測定	张书芳、任改新 (23)
第六章 苏芸金杆菌的使用方法	傅貽玲 (26)
第七章 苏芸金杆菌的致病試驗	任改新、傅貽玲 (29)
第八章 苏芸金杆菌的使用范围	傅貽玲、任改新 (42)
第九章 苏芸金杆菌的致病机制	夏邦穎、傅貽玲 (59)
第十章 使用苏芸金杆菌的安全問題	傅貽玲 (77)
結束語	刘崇乐 (83)
参考文献	(87)

第一章 研究苏芸金杆菌的意义

昆虫病理学是近十多年来迅速形成广泛发展的一个昆虫学分支,在同一期间苏芸金杆菌(*Bacillus thuringiensis* Berliner)又成为昆虫病理学中占有显著地位的一项工作。昆虫病理学和苏芸金杆菌研究中,各自的进展过程颇有类似之处,有关苏芸金杆菌的发展经过留待以后叙述,在这里只概括一下昆虫病理学的发展历史。昆虫病理学是随着微生物在消灭害虫的应用成功而有巨大的发展,但也还经过一些波折,早在1879年,俄国的 Мечников 成功地利用绿僵菌(*Metarrhizium anisopliae* (Metchnikoff)) 感染土栖性奥地利金龟子(*Anisoplia austriaca* Herbst)的幼虫,在1884年教德堡大学的 Красильщик 教授建立试验室,大量生产真菌孢子,以进行甜菜象虫(*Cleonus punctiventris* Germar)的生物防除。此后三十年间,微生物防除工作进展不大。直至1911年左右,法国细菌学家 d'Herelle 在墨西哥首次利用杆菌 *Coccobacillus acridiorum* d'Herelle 在沙漠蝗(*Schistocerca* sp.)中,引起痢疾流行而抑制了大发生。他的试验引起很大的希望,可是他所说的效果未能重复证实,因而在一个时期内微生物防除的实际价值受到怀疑,大大影响了这一方法的进展。微生物防除法之能东山再起,要归功于两种引起日本金龟子幼虫乳白病的芽孢杆菌(*Bacillus popilliae* Dutky 和 *Bacillus lentimorbus* Dutky)在田间使用获得了显著的效果。近年来又因利用昆虫病毒造成某些森林害虫的流行病疫,彻底地消灭了虫害,微生物防除法已成为治虫的一种手段。在这一时期,昆虫病理学的专著与期刊亦相继问世。在1949年有 Steinhaus 的“昆虫病理学原理”^[181](已被译成中文和俄文),继之有 Krieg(1961)的“昆虫病理学基础”^[127],刊载昆虫病理研究成果的“昆虫天敌”期刊(*Entomophaga*),在1956年在欧洲创刊,而专为昆虫病理学服务

的“昆虫病理学报”(Journal of Insect Pathology)三年后(1959)也在美国诞生。综观上述可以看出,在昆虫病理工作的八十年中,有两次低潮,在1911年以后还几乎一蹶不振,终以生物防除法与微生物本身所具有的优点,加以人们了解自然的深入和知识经验的积累,昆虫病理学得突破黑暗而获有当前的广阔巩固基础。

利用天敌消灭害虫的生物防除法,是基于改造羣落的組成结构和改变有关組成部分的数量关系的一种措施,由于这项措施是如此的彻底,只要引进的生物因素能在羣落中生存发展,而且能随着控制对象的数量变化而增强其抑制作用,生物防除的效果是既长期存在而又引起“自相调节”的作用。微生物与天敌昆虫都具有达成上述目的的可能性,但由于微生物之易于繁殖、保藏及利用,近年来在生物防除法中,微生物的利用大有超过天敌昆虫的趋势。应用于生物防除的微生物虽有病毒,細菌,真菌,原生动物和綫虫五大类,但由于病毒和細菌不受或少受外界温湿度的影响,这两类的应用更为广泛。可被利用的致病細菌分为芽孢細菌和非芽孢細菌两类,后者因不生孢子无法抗御外界不良因素的作用,被利用的尙属少数,但一种 *Pseudomonas chlororaphis* Bergey et al. 在捷克已被用以引起捲叶蛾 *Archips crataegana* (Hübner) 严重的流行病^[132]。在芽孢杆菌中应用有效的又可分为乳白病杆菌与苏芸金杆菌两羣,而尤以苏芸金杆菌及其变种更为突出。其所以然,则是因为苏芸金杆菌具备了許多特点,取得了許多成果。由于这些情况,苏芸金杆菌的研究是有重大意义的。苏芸金杆菌的主要特点有如下述:

1. 能生芽孢 这一特点是基本性的,因而它决定了苏芸金杆菌一系列的其他特点。

2. 发病期短 由于苏芸金杆菌菌体内除孢子外还有結晶体内含物,这个伴孢晶体又被証明含有毒素,破坏昆虫腸道引起瘫痪,因此在吞食菌体后,昆虫很快就停止取食。当細菌进入体腔中又引起敗血症,昆虫即很快死亡,一般鳞翅目幼虫不超过2—4天,最快者几小时之内就出現死亡。就这样,乳白病杆菌由于潛育期长,

发病迟緩,較之苏芸金杆菌頗形逊色,虽然乳白病杆菌的效用是无可否认的。

3. 易于培养 乳白病杆菌就如病毒一样需用活的机体进行培养以产生孢子, (虽說其营养体可用人工合成培养基来繁殖)^[201], 因而在大量生产病原的过程中引起了許多問題。苏芸金杆菌則不然, 不仅可在人工配制的培养基上发育良好, 而且培养基的成分还可加以改变以降低产品成本。人工培养基的应用, 为深层培养开辟了道路, 而这又为工厂式发酵罐生产提出了可能性。

4. 毒力持久 一般的昆虫病原毒力有逐漸減低的趋势, 必需通过虫体来保持有效的水平。苏芸金杆菌能在洋菜培养基上保持其毒力 25 年, 而猝倒变种且可保持毒力 45 年之久^[108], 因之簡化了复壮的操作。

5. 使用范围較广 一般說来, 昆虫病原的专一性較大, 不如杀虫剂之可以消灭多种害虫, 因而有人认为这是微生物防除的一个缺点。但就苏芸金杆菌來說, 未必如此。在后面将指出苏芸金杆菌的使用范围, 在那里可以看到易受感染的昆虫种类是相当可观的, 不仅如此, 即以昆虫的分类來說, 菜青虫与松毛虫虽属于鳞翅目中不同的亚目, 但感染率都是异常高的。

6. 使用方法較多 苏芸金杆菌可以制成粉剂或液剂以供田間使用。所用的噴射器具也与通常杀虫剂所需的一致。此外, 最近已經成功地將菌剂拌入飼料以抑制家蝇在厩肥中的发育^[93, 47]。

7. 菌剂保存容易 制成的苏芸金杆菌粉剂在干燥的情况下, 孢子可以保存十年之久而不丧失其效用, 这是一个較长的时期。

8. 能够混合使用 苏芸金杆菌不受一般杀虫剂或杀菌剂的影响, 因而可以混合使用, 而且可收相互增效作用^[123]。如加入适当的粘附剂, 即在雨后殘效还可維持一个时期^[38]。

9. 不害人畜、益虫 經过严密試驗, 証明苏芸金杆菌对温血动物(包括人类)都无毒害作用, 因而苏芸金杆菌制剂可用于果蔬而无慮殘害的問題。对于蜜蜂, 以 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 而論, 多方观察^[128, 129], 証明无害。对于一般天敌昆虫迄未

有确切事例表明不良影响^[5,38,39]。至于桑蚕虽受侵染,但 *var. thuringiensis* 比其他变种为轻,且可用抗菌素进行预防和治疗,而可用的抗生素为数较多^[15]。

10. 促进深入研究 需氧芽孢杆菌一直是受到重视的, Smith 等人的专著^[182,182a] 再版流传,即说明这一点。但是苏芸金杆菌在丰富杆菌知识和开拓研究视野等方面起了最大的作用。伴孢晶体的发现,致病毒素的分离,病理机制的探索,工厂生产的实践等等,这对昆虫病理学科的发展和生物防除的生产实践都是意义重大的促进因素。

第二章 苏芸金杆菌的分类与分布

一 分类研究的进展

苏芸金杆菌在 1915 年首次以一个新种出现于文献,当时它的学名与分类级位是明确的。由于苏芸金杆菌杀灭害虫的效力受到了重视,新品系和所谓新菌种就逐渐被分离与发现,尤其在本世纪二十年代与五十年代期间。又由于需氧芽孢杆菌的种类无论在形态特征以至生化反应上都很近似,特别是对腊状杆菌 (*Bacillus cereus* Frankland & Frankland), 因而苏芸金杆菌的学名与级位就成为争论的一个重心。目前虽然分歧的见解还有待最后的统一,大多数的学者从实验根据与实际观点出发,认为苏芸金杆菌不仅是一个含有较多变种的种,而且在地理分布上也呈现出富有意义的特点。依据国际细菌命名律第七条的规定,即当一个种分为若干亚种时,包含种模的亚种,其名称应与种名一致,因而苏芸金杆菌的学名应为 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner。为了使用的便利,这个种的普通名称在中文仍用苏芸金杆菌。同样,其他变种,例如 var. *sotto* Ishiwata 和 var. *alesti* Toumanoff & Vago 也分别称为猝倒杆菌和阿莱杆菌,这些既是普通名称就无须标明变种的分类级位。

随着研究工作的广泛开展,除发现若干变种外,并在不同地区从不同寄主昆虫分离出许多苏芸金杆菌的品系。在这里应当指出, Berliner 的原始品系不幸失传,但在 1927 年 Mattes 重新从地中海粉螟分离出 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, 这就是当前称为 Mattes 品系或欧洲品系的来源。我们在 1959 年引种的捷克菌种则是捷克 058 品系。

前面已经指出,苏芸金杆菌的定名与定位是有过一个过程的。

为便于追溯变迁和鳥瞰經過,茲采取类似同物异名录的形式,把这一段分类工作的进展,按年分述如下(表 1):

表 1 苏芸金杆菌变种和品系的发现与整理的經過

- 1901-5 石渡(Ishiwata)^[118]在日本自桑蚕中分离出一种致病杆菌,称做“猝倒病杆菌”或“猝倒杆菌”,但未正式发表学名。
- 1911 Berliner^[86] 首次自地中海粉蛾中分离出一种致病杆菌,未为命名。
- 1915 Berliner^[87] 在四月間命名他所发现的杆菌为 *Bacillus thuringiensis* sp. n. 青木(Aoki)、茅崎(Chigasaki)^{[82]*}在七月間使用 *Bacillus sotto* 以名石渡的“猝倒杆菌”。
- 1922 Metalnikov^[154]自蜡螟(*Galleria melonella* Hübner)分离出 *Bacillus galleriae* No. 2, 这是苏芸金杆菌的某一变种(*Bacillus thuringiensis* var.)
- 1927 Mattes^[147]再次自地中海粉蛾分离出苏芸金杆菌从而建立 Mattes 品系,但誤用 *thuringensis* 作为种名。
- 1929 Metalnikov 和 Chorine^[159] 自地中海粉蛾分离出 *Bacterium ephestiae*. Metalnikov & Chorine^[161] 自玉米螟(*Pyrausta nubilalis* (Hbn.))分离出 *Bacterium pyraustae* No. 1—7, 这是苏芸金杆菌的某一变种。
- 1930 Ellinger & Chorine^[75] 指出 *Bacterium ephestiae* Metalnikov & Chorine 是 *Bacillus thuringiensis* 的同物异名。
- Metalnikov et al.^[163] 自玉米螟分离出 *Bacterium cazaubon*, 这是苏芸金杆菌的某一变种。
- Metalnikov et al.^[163] 自玉米螟分离出 *Bacterium italicum* No. 2, 这是苏芸金杆菌的某一变种。
- 1933 Metalnikov & Metalnikov^[166]自紅鈴虫(*Platyedra* (*Gelechia*) *gossypiella* Saunders)分离出 *Bacterium gelechiae*, 这是苏芸金杆菌的某一变种。
- 1945 Steinhaus^[187]自印度谷螟(*Plodia interpunctella* (Hbn.))分离 EAS 58-1-1 号杆菌,这是 Heimpel & Angus 的 *Bacillus entomocidus* var. *subtoxicus* var. n.
- 1946 Smith, Gordon & Clark^[182] 将 *Bacillus thuringiensis* Berliner 归为 *Bacillus cereus* Fr. & Fr. 的同物异名。
- 1951 Toumanoff & Vago^[224] 自桑蚕分离出 *Bacillus cereus* var. *alesti* var. n. (Alés 是法国的一个蚕业研究站所在地)。
- Steinhaus^[187]自 *Aphomia gularis* Zeller 分离出 EAS 57-1-1 号杆菌,这是 Heimpel & Angus 的 *Bacillus entomocidus* var. *entomocidus* sp.

* Steinhaus^[191] 在 1957 年,根据当时所掌握的参考文献,认为青木与茅崎最先使用 *Bacillus sotto* 这个学名。近来 Steinhaus^[198] 在东京大学查阅文献,发现岩渊(Iwabuchi)在 1908 年就用了 *Bacillus sotto*, 但主张保留石渡为猝倒杆菌的命名。这样的话, *thuringiensis* 作为种名将成为問題了。

- n., var. n.
- 1952 Vago^[71]自飼蚕叶屑分离出 Anduze 品系 (Anduze 是法国一个昆虫病理研究室所在地)。这和阿莱杆菌同为一个变种。
- Smith, Gordon & Clark^[182a]因注意到苏芸金杆菌的孢子在孢子囊的斜生位置,认为该种是 *Bacillus cereus* 的一个变种而不是同物异名。
- Toumanoff^[1814]认为 *Bacillus sotto* 是 *Bacillus cereus* 的一个变种并建议改称为 *Bacillus cereus* var. *sotto* comb. n.
- 1954 Steinhaus & Jerrel^[200]从符合实际的观点出发,呼吁 *Bacillus thuringiensis* Berliner 应予保留为一个独立的种。
- 在第七版“细菌鉴定手册”(Bergey's Manual of determinative bacteriology)中, *Bacillus thuringiensis* Berliner 被列为一个独立的种,与 *Bacillus cereus* Fr. & Fr. 分开。
- 1955 Delaporte & Béguin^[71]主张 *Bacillus thuringiensis* Berliner 是一个独立的种而不是 *Bacillus cereus* 的一个变种,并认为 Vago 分离出的 Anduze 品系就是 *Bacillus thuringiensis* Berliner。她们系统为:
- Bacillus thuringiensis* (包括 Anduze 品系)。
- Bacillus thuringiensis* var. *sotto* comb. n.
- Bacillus thuringiensis* var. *alesti* comb. n.
- Toumanoff^[1218b]不同意 Delaporte & Béguin 把 *Bacillus cereus* var. *alesti* 归为 *Bacillus thuringiensis* 的一个变种。
- 1956 Таланов^[71]自西伯利亚松毛虫(*Dendrolimus sibiricus* Tschetverikov)分离出 *Bacillus dendrolimus* sp. n., 这是 *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus* comb. n.
- 加拿大森林昆虫研究所自森林天幕虫 (*Malacosoma disstria* Hbn.) 分离出 Ma-d-7000 号杆菌^[104], 这是 Heimpel & Angus 的 *Bacillus finitimus* sp. n.
- Krieg^[129]自蜡螟分离出杆菌,这是 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*.
- Majumder et al^[142]自豆莢蛀虫(*Adisura atkinsoni* Moore)分离出 HB-III 品系,这是 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*.
- 1957 第八版“细菌鉴定手册”再次肯定 *Bacillus thuringiensis* Berliner 为一个独立的种。
- 1958 Heimpel & Angus^[104]在细微比较 *Bacillus cereus* 羣芽孢杆菌,特别是一些生成伴孢晶体并对昆虫有致病作用的各个种的形态特征和生化反应后,整理出一个系统,其中包括两个新种和两个新变种,并证实 Majumder 等人的 HB-III 品系与 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 完全一致。其系统为:
- Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* comb. n.
- Bacillus thuringiensis* var. *sotto*
- Bacillus thuringiensis* var. *alesti* (包括 Anduze 品系)。

Bacillus entomocidus var. *entomocidus* sp. n. var. n.

Bacillus entomocidus var. *subtoxicus* var. n.

Bacillus finitimus sp. n.

Исакова^[4] 自蜡螟分离出 *Bacillus cereus* var. *galleriae* var. n., 这是 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*。

1959 Krieg^[128] 自 *Archips* (*Euxoa*) *segetum* (Schiff.) 分离出 *Bacillus thuringiensis* var. *euxoae* var. n.

Toumanoff & Le Coroller^[221] 继续主张 *Bacillus thuringiensis* 应为 *Bacillus cereus* 的一个变种, 并将 *B. cereus* 羣的杆菌分为生成伴孢晶体 (Cristallophores) 和不成伴孢晶体 (Acristallophores) 的两类, 他們的系統如下:

不生成伴孢晶体的

Bacillus cereus

生成伴孢晶体的

Bacillus cereus var. *thuringiensis*

Bacillus cereus var. *galleriae*

Bacillus cereus var. *sotto*

Bacillus cereus var. *alesii*

Bacillus cereus var. *dendrolimi* (即 *dendrolimus* Талалаев)
. comb. n.

Bacillus cereus var. *euxoae* comb. n.

1960 Heimpel & Angus^[107] 重申 1956 年他們提出的看法, 強調 *Bacillus thuringiensis* 自成一種的實際意義。在檢查標本後, 認為 Krieg 自蜡螟分离的品系与 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 相同而 Талалаев 的 *Bacillus dendrolimus* 則与 *B. thuringiensis* var. *sotto* 最为近似, 因此都应归納在各該变种之下。此外又証实捷克 058 品系和由此轉化成为无伴孢晶体的 059 品系都属于 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*。

1961 Krieg^[128] 除接受 Heimpel & Angus 关于蜡螟品系的意見外, 认为 Исакова 自同一寄主分离出的 *Bacillus cereus* var. *galleriae* 也应归納在 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 之內。此外 Krieg 保留 *B. dendrolimus* 为独立的变种。

为初步总结四十多年的分类研究结果, 并为整理归纳各方面的意見, Heimpel & Angus 在 1958 年制成蜡状杆菌羣的检索表^[104], 又在 1960 年作了补充^[107]。在 1959 年 Toumanoff 和 Le Coroller^[221] 也提出一个类似的检索表。我們参照 Krieg^[128] 的尝试, 把上述两个检索表合并起来, 以便利鉴定之用。希望从实践中发现問題, 再作进一步的修訂。

表2 *Bacillus cereus* 杆菌属的检索表

菌胞粗杆形。孢子椭圆形至圆筒形,壁薄,位于侧中心至近端部。孢子囊不显著膨胀。适中性(在28℃至35℃之间生长良好),需氧的(也有兼厌氧的)。格兰姆染色阳性反应。

1. 无伴孢晶体..... 2
有伴孢晶体..... 5
2. 以硝酸盐做为氮源,从木糖,阿拉伯糖产酸。3-羟基 2-丁酮不生成。磷酸脂酶C不生成..... 巨大杆菌 *Bacillus megaterium*
从木糖,阿拉伯糖不产酸。3-羟基 2-丁酮生成。磷酸脂酶C生成..... 3
3. 腐生的,有时致病,但不引起炭疽病,有时能活动..... 4
可致病,引起炭疽病,不能活动..... 炭疽杆菌 *Bacillus anthracis*
4. 在洋葱上长成假根形菌落..... 蜡状杆菌 *Bacillus cereus*
在洋葱上不长成假根形菌落..... 蕈状杆菌 *Bacillus cereus* var. *mycoides*
5. 2至6天内,伴孢晶体自孢子囊中离散出来,并与孢子分开。对鳞翅目幼虫有毒效..... 6
伴孢晶体与孢子牢固相连,甚至在保存几个月之后,潜育48小时后,从纤维二糖产酸。对某些鳞翅目幼虫无致病力..... 幕虫杆菌 *Bacillus finitimus*
6. 3-羟基 2-丁酮生成,磷酸脂酶C生成..... 7
3-羟基 2-丁酮不生成,磷酸脂酶C不生成..... 11
7. 在凝結純卵黄上生成色素..... 8
在凝結純卵黄上不生成色素..... 9
8. 在卵黄—血清—洋葱上生成色素。少量液化凝結血清.....
阿萊杆菌 *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*
在卵黄—血清—洋葱上不形成色素,快速液化凝結血清.....
夜盜杆菌 *Bacillus thuringiensis* var. *euxoae*
9. 生成少量至中量磷酸脂酶C。少量液化凝結血清.....
苏芸金杆菌 *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*
(Исакова 的 *Bacillus cereus* var. *galleriae* 和 Krieg 由 *Galleria* 分离出来的 *Bacillus thuringiensis* 品系都属于此)。
生成大量磷酸脂酶C,大量液化凝結血清..... 10
10. 液化凝結血清迟缓..... 猝倒杆菌 *Bacillus thuringiensis* var. *sotto*
液化凝結血清迅速..... 松蠹杆菌 *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus*
11. 在32℃下潜育20天后,从甘露糖,果糖,葡萄糖产酸(对 *Bombyx mori* 幼虫毒效强,对 *Pieris brassicae* 幼虫毒效弱).....
加州杆菌 *Bacillus entomocidus* var. *entomocidus*
潜育20天后,从甘露糖,果糖,葡萄糖不产酸(对 *Bombyx mori* 幼虫毒效弱,对 *Pieris brassicae* 幼虫毒效强).....
亚毒杆菌 *Bacillus entomocidus* var. *subtoxicus*

二 分类問題的討論

在分类研究中,存在的主要問題是, Berliner 所发现的 *Bacillus thuringiensis* 究竟是一个独立的种,还是 *Bacillus cereus* 的一个变种,而爭論的焦点則在于伴孢晶体的生成是否稳定,是否可以作为上述两種的区别根据。以 Heimpel 和 Angus 为代表的一派主张 *Bacillus thuringiensis* 是一个独立的种,有生成伴孢晶体的能力,而且这个能力在正常条件下是稳定的。代表另一学派的 Toumanoff 則在其所发表的文章中一貫坚持 *B. thuringiensis* 是 *B. cereus* 的一个变种,其論据在于伴孢晶体的生成是不稳定的,因而不能做为特征来区别这两个种。Toumanoff 列举兩項試驗結果来支持他的說法。首先他在长期把阿萊杆菌 B-1 品系移接在 pH 为 9.0 至 9.5 的洋菜培养基上,获得了一个不能生成伴孢晶体的品系。如果把 B-1 品系回返到中性培养基上,亦不再生成孢子和伴孢晶体,但是如果把这个品系的杆菌注射到蜡螟幼虫体内,再分离出的杆菌,就能生成孢子和伴孢晶体。另一項試驗是把不能生成伴孢晶体的 *Bacillus cereus* 品系 A-30 注射到蜡螟体中后,再分离出的杆菌則是能生成伴孢晶体的。这样看来, Toumanoff 的實驗論据似乎是十分有力的,但是如果进一步分析他的 B-1 和 A-30 两个品系在含磷量上是否发生变化,情况就不同了。我們知道, Fitz-James 和 Young^[79] 在分析測定 *cereus* 杆菌羣的核糖核酸磷含量 (RNA-P)、脫氧核糖核酸磷含量 (DNA-P), 以及除去这两种核酸所含磷的殘余磷含量 (RP) 时,找出 *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* 在殘磷含量上比阿萊杆菌、猝倒杆菌和蜡状杆菌都多 10 倍,但是阿萊杆菌在脫氧核糖核酸含磷量 (DNA-P) 上則比苏芸金杆菌、猝倒杆菌和蜡状杆菌都多 2 倍。应用含磷量的标准来檢驗 B-1 和 A-30,发现 B-1 品系的殘磷含量为阿萊杆菌的 10 倍, A-30 品系的殘磷含量也是 10 倍于原用的蜡状杆菌,恰好都与苏芸金杆菌一致,而且 B-1 对桑蚕的毒力也較阿萊杆菌減低,这又同苏芸金杆菌相似。此外, Исакова 和 Krieg 相繼从蜡螟幼虫分离出 *B.*