

纖維素微生物学

上 册

A. A. 依姆歇涅茨基著

科学出版社

А. А. ИМШЕНЕЦКИЙ
МИКРОБИОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
Изд. АН СССР, Москва, 1953

內 容 提 要

这是一部关于纖維素微生物学的总结性的著作。作者曾在許多年中进行了需氧(好气)性和嫌氧性纖維素細菌的研究。这部著作不仅包括了作者本人已經發表的和未發表过的有关研究成果,而且也全面地列举了世界各国学者有关纖維素微生物学的研究材料。全書共引証文献 550 篇以上。这部著作主要是叙述分解纖維素的細菌和放綫菌,而没有涉及到分解纖維素的真菌。本書共分为需氧性纖維素細菌(其中包括放綫菌),嫌氧性纖維素細菌,纖維素細菌的分布,纖維素細菌和其他有机体的共生关系,人和动物腸道中的纖維素細菌,分解纖維素的微生物在实践中的意义等六大部分,詳尽地叙述了纖維素細菌的形态学,分类学,生理学,研究方法以及其分布。全書估計有 40 多万字。中譯本分上下两册出版,上册包括需氧性纖維素細菌和嫌氧性纖維素細菌两大部分,其余各部分則在下册出版。

纖維素微生物学

(上册)

[苏] А. И. 奧巴林 主編

[苏] А. А. 依姆歇涅茨基 著

馬麟祥 陈 慎 叶維青 譯

王 祖 农 校

*

科学出版社出版(北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第034号

中国科学院印刷厂印刷 新华書店总經售

*

1958年6月第一版 書号: 1191 字数: 290,000

1958年6月第一次印刷 开本: 787×1092 1/18

(京)0001—1,270 印張: 15 2/9 插頁: 7

定价: (10) 2.90 元

目 录

序 言.....	1
引 言.....	3
一. 需氧性纖維素細菌	10
(一)研究方法.....	10
1. 纖維素化学.....	10
2. 培养基用的纖維素.....	14
3. 培养基.....	18
4. 聚积培养的获得.....	22
5. 自然基質中需氧性纖維素細菌的定量.....	27
6. 純系分离.....	28
7. 細胞数量的測定.....	33
8. 培养物活动性的測定.....	34
9. 显微鏡檢驗.....	40
(二)形态学及分类学.....	43
1. 微生物对作为碳源和能源的纖維素的适应.....	43
2. 粘細菌目.....	46
3. 無芽孢細菌.....	84
4. 弧菌.....	91
5. 有芽孢細菌.....	97
6. 放綫菌及分枝桿菌(放綫菌目).....	103
(三)生理学.....	115
1. 碳素营养.....	115
2. 矿物营养.....	133
3. 氮素营养.....	133
4. 对維生素的需要.....	139
(四)外界因素的影响.....	142
1. 温度.....	142
2. 光.....	147

3. 基質的濕度.....	147
4. 通氣.....	150
5. 培养基的反应.....	152
(五)纖維素分解的化学机制.....	153
1. 氧化的理論.....	153
2. 纖維素水解产物的氧化.....	163
3. 細菌粘液的合成.....	165
4. 細菌所引起的纖維素的分解与腐殖質的形成.....	168
二. 嫌氧性纖維素細菌	170
(一)方法学.....	170
1. 培养基.....	171
2. 聚积培养的获得.....	175
3. 純培养的分离.....	176
(二)好热性纖維素有孢細菌.....	184
I. 形态学.....	184
1. 培养特征.....	189
II. 生理学	195
1. 对醋类的需要.....	195
2. 氮素营养.....	197
3. 对維生素的需要.....	198
III. 外界因素的影响	200
1. 温度.....	200
2. 培养基的反应.....	201
3. 对氧气的关系.....	203
IV. 纖維素發酵的生物化学	207
1. 纖維素的水解.....	207
2. 發酵的产物.....	210
3. 甲烷的形成.....	216
4. 葡萄糖的發酵.....	218
V. 好热性嫌氧纖維素細菌的分类	220
(三)中温性細菌.....	222
I. 孢子細菌.....	222
1. 形态学.....	224

2. 細胞学.....	229
3. 培养特征.....	230
4. 甲烷的形成.....	238
5. 分类.....	241
II. 球菌类型	243
III. 無孢細菌	246
IV. 生理学	249
1. 对各种碳源的关系.....	249
2. 氮素营养.....	251
3. 对維生素的需要.....	253
4. 矿物質营养.....	255
5. 外界因素.....	255
(1) 温度.....	255
(2) 培养基的反应.....	256
(3) 对氧气的关系.....	257
6. 纖維素中温性發酵的产物.....	259
(1) 纖維素的水解.....	259
(2) 發酵的产物.....	266

序 言

有討論具有各種極其不同專性的代表的微生物學領域。無疑，纖維素微生物學就是屬於這個領域的。

微生物分解纖維素，對於生物地質化學家來說是很感興趣的，因為這是個規模最大的自然界碳素循環的過程。它在腐植質形成問題方面吸引着農業化學家和土壤學家的注意，腐植質的形成完全決定於植物殘體的分解。這些過程也就直接關係着土壤穩固性結構的形成。

生物化學領域的專家，不能不對像纖維素這樣穩定的物質借助於微生物形成的活化的纖維素酶的水解感到興趣。纖維素是有前途的工業原料；在最近蓬勃發展的水解工業也不能不企圖應用水解纖維素形成糖的酶制劑，雖然這還是遠景。另一方面，由於纖維素材料在技術和工業中廣泛的應用，很久以前就在化學和生物學面前提出了對國民經濟非常重要的任務——制定預防這些材料免受微生物分解作用的措施。

在許多年中，作者研究了需氧性和嫌氧性的纖維素細菌的微生物學，同時也查明了纖維素材料分解的原因。本專論的內容包括已經發表的以及未發表的這種研究結果。在這本專論中敘述了需氧性和嫌氧性纖維素細菌的形態學、分類學、生理學及其在自然界的分布。其次還討論了纖維素細菌和高等與低等生物的共生問題以及有關纖維素細菌在實踐中的意義的一些問題。

在牽涉到微生物學範圍以外的知識領域以及牽涉到關於昆蟲學、畜牧學、技術等等問題時，作者自然就不能只根據本人研究的結果。因此就必須附加一些主要是根據文獻材料所記述的章節。這首先是關於纖維素細菌在反芻動物腸道中的纖維素消化作用的問題，和纖維素細菌與昆蟲的共生問題。在卷尾列舉了大量的有關纖維素微生物學的文獻索引。

在本專論中只是敘述了屬於粘細菌，真細菌和放線菌的纖維素微生物。

關於真菌分解纖維素的問題，在本專論中幾乎並未談到。作者本人在這個領域的試驗是不充分的。然而關於這個問題的實際材料是非常豐富的，以致可以把它成功地分為一個獨立的領域——纖維素真菌學。

當然，僅只是涉及分解纖維素的微生物學過程的這種劃分，是帶有某些人為的

特点。通常是發現不仅仅由纖維素組成的,而且也是由果胶物質,半纖維,木素和其他等等組成的植物殘体的分解。然而所有这些过程不可能在一个专論中討論,所以作者也就宁肯比較詳細地闡明只与纖維素分解有关的某些过程。

在纖維素微生物学領域作出研究总结是非常使人滿意的,因为这个領域的最大發現是屬於俄国的和苏联的微生物学家。В. Л. 奧梅梁斯基 (Омелянский) 和 С. Н. 維諾格拉德斯基 (Виноградский) 的經典性工作,永远值得苏联微生物家引为驕傲。他們的研究已获得了普遍的承認,这些研究已經成为进一步的發展我們关于微生物在纖維素分解中的作用的概念的指南。

引 言

纖維素在所有含碳有机化合物中是分布最广的化合物。高等植物每年都形成大量的纖維素,这种合成过程是非常巨大的,与其他物質的合成相比它無条件地占居首位。

合成纖維素的能力主要是为高等植物所据有;通常低等植物不能形成纖維素,因为低等植物的細胞膜是由半纖維素,果胶等物質組成的。某些細菌特别是木纖維素細菌(*Bacterium xylinum*)則是例外,这种細菌形成相当多的纖維素,这种纖維素的性質如关于它的构造和理化性質的最新研究所証明的那樣,也和高等植物的纖維素一样。

細菌在細胞外面,以醋酸菌形成的大量的粘液膜的形态沉积纖維素,这在理論方面是很有趣的。必需假定可溶性的纖維素糊精可以通过細胞膜,并且在細胞外面进一步聚合。

低等植物合成的纖維素的数量是非常少的,甚至不能与高等植物的木質部中或者是細胞膜中所含有的纖維素的数量相比較。与以有机物合成纖維素的微生物不同,对于植物来說,在制造纖維素时,大气中的 CO_2 是碳素的唯一来源。靠光合作用植物能够利用太阳光能并合成各种含碳化合物,其中纖維素占据第一位。

大气中二氧化碳的数量不同研究者的材料是不同的。最接近于真实的数量是 11,000 万公斤。有着許多理論上的計算,在一定期間大气中的二氧化碳的貯藏量将要枯竭。不同作者所得出的数字也是不一致的。我們不詳細分析这个問題,因为这个問題的研究不是我們的任务,我們只指出,根据一些人的意見二氧化碳在二年間就可以用完。可是另外一些人認為这个期間可延长到 35 年。显然,說这个期間是比較短的人是正确的。研究光合作用的杰出的专家 K. A. 季米里亚捷夫曾經認為,所有的 CO_2 不出 4 年都将全部为植物所吸收,这不是偶然的。大气中的二氧化碳的数量是不多的,在現在發現的这种光合作用的强度下它的貯藏量只能供应不久,这在任何場合都是無疑問的。

大約有一半吸收的二氧化碳用之于合成木質部,因而,植物同化的 50% 的碳,被暫時固定成木材的形态。

上面的叙述說明,为什么在近百年間关于这种碳又怎样重新变成大气中的

CO₂ 的問題成了研究者的目标。早在上一个世紀,就已經确定了,靠所有地球上的生物即植物的、高等和低等动物的和人的呼吸进入到大气中的二氧化碳的数量,同在光合作用中所同化的碳酸气的数量比較起来,前者是比較低的,無論是把某些数量的二氧化碳放入到大气中的火山活动,或者是燃燒相当量的易燃矿物同时形成碳酸气的人类的經濟实践,都不能改变这个平衡。

所有上述过程只能形成重新进入到大气中二氧化碳的 10% 以內。

在發現微生物能分解纖維素的很久以前就已經确定了,土壤是某种“生物”,它呼吸并釋放很多的碳酸气。土壤呼吸的数量占回到大气中碳酸气数量的 90%。

只有其中的四分之一——是根的呼吸,而其余的四分之三則是土壤的微生物区系活动的結果。

所以,微生物是实现纖維素分解,并把它氧化成碳酸气的基本因素。正是它們在分解植物殘体的大規模的过程中起着主要的作用,这个过程使二氧化碳回归到大气中,是碳酸气最大的来源,按着 C. П. 科斯蒂切夫譬喻的說法,这个过程恢复着“大气中碳素的流动資本”。当想到每年一年生植物死亡时落到土壤中的,在森林中以枯枝落叶層积累起来的,当藻类死亡时沉沒到貯水池底下的那些大量的植物殘体时,就足以得到关于这个过程的巨大的規模的概念。

分布最广的含碳化合物——纖維素——的分解,是以这样的数量进行的,这个过程可以被充分有根据的認為在碳素循环中是主要的过程。这就可以說微生物和保証地球表面碳素循环的地質学因素是同样的。如果說高等植物的光合作用是吸收二氧化碳的基本作用(因自养型的和化能合成的微生物也吸收少量二氧化碳),那么纖維素之为微生物所氧化到 CO₂ 是保証恢复光合作用所必需的大气中二氧化碳的重要的碳素循环过程。在这方面微生物分解纖維素的作用是主要的。然而这种轉化的重要性还不仅限于碳素循环。不管腐植質形成問題怎样的复杂,土壤中纖維素的分解在某种程度上与腐植質的發生有关,也可能与土壤結構形成有关。所以微生物之分解纖維素始終都在吸引着土壤学家和农業化学家的注意。

最后應該指出,纖維素是人类实践中应用最广的材料之一。紙、布、魚网、建筑材料等等很容易为微生物所分解,从而遭受巨大的經濟損失。保护纖維素材料免受生物因素的作用,是现代微生物学和工艺学的重要的实际任务之一。

从上述就可以很清楚的知道,为什么祖国的杰出的微生物学家 B. Л. 奥梅梁斯基曾把微生物分解纖維素称为“几乎是所有自然过程中最巨大的过程”。

我們已經指出,纖維素的合成主要是由高等植物实现的。与合成过程相反,纖

纖維素的破坏、分解和低等植物的活动有关。高等植物通常不含有能够分解纖維素的酶。

纖維素对各种物理的和化学的因素的作用是非常稳定的，但能比较容易受纖維素酶的影响而水解，同时也只有能够形成这种酶的細胞能够参与纖維素的分解。只有在有机体“乐于”利用纖維素作为碳源或者是能源的場合才能够产生形成纖維素酶的能力，这是很自然的，某些酶的存在决定于有机体的生态学特点，也就是决定于有机体栖居的环境。显然，大多数低等有机体的形成纖維素酶和分解纖維素能力的出現是很晚的，已經是在細胞膜由纖維素組成的植物普及了之后。

纖維素酶在动植物間之分布是極其不同的。高等动物和人的細胞完全沒有产生纖維素酶的能力。無論是在动物或是在人的血液中，細胞浆中，各种腺体的分泌物中都沒有纖維素酶。尤其是令人惊奇的是以含大量的纖維素的飼料为营养的反芻动物并沒有这种酶。

对这些飼料較良好的吸收是因为在它們的腸中大量地繁殖着分解纖維素的微生物。这个問題将要在关于纖維素微生物与高等的低等的动物和植物的共生的章节中詳細地叙述。

在低等动物之中有时能發現纖維素酶。証明有那些無脊椎动物能够形成纖維素酶是非常困难的，因为在这些动物的腸中时常定居着形成纖維素酶的共生細菌。在这方面动物学家进行的工作并不經常拥有可靠的材料，因为有可能动物之消化纖維素是因为在它們的腸中存在有能水解纖維素的特殊的微生物，而动物只是利用纖維素的水解产物。

然而，在許多的場合能够証明某些低等动物能够分泌纖維素酶这也是沒有疑問的。果然不出所料，以木材、叶子、針叶也就是以含大量纖維素的材料为营养的动物形成这种酶。曾經确定，軟体动物鑿船貝(*Teredo*)和节鎧船蛆(*Bankia*)有纖維素酶，它們是由这些軟体动物消化道的粘液中分泌出来的。鑿船貝等具有水解酶很容易用它們的生活方式——不間断地需要大量的木材来解釋。也曾經有人很詳細地研究过葡萄蝸牛腸中的水解纖維素的酶。

在各种原始生物中分布有纖維素酶。已經积累大量的証明許多单細胞生物分解纖維素能力的观察。其中某些，如食藻纖虫(*Vampyrella*)能溶解藻类的細胞壁，溶解后利用它們的内容物。然而，原始生物更常常地生活在以木材为营养的昆虫和幼虫的腸道中。例如从白蟻目和各种甲虫等等的腸中分离出了許多原始生物。当以后培养这些原始生物的純培养时，能从它們的細胞中得到能够水解纖維素的

酶制剂。这是单細胞生物能够形成纖維素酶的無可爭論的証明。

至于說到植物,像前面指出的那样,高等植物不能形成纖維素酶,誠然,有这样的說法,許多植物的种子当發芽时分泌水解种子外种皮的物質。然而在大多数場合,說的是水解各种半纖維素而不是纖維素,虽然沒有根据否認在發芽的种子中形成纖維素酶,但是很明显,这种現象并不是那么普遍,同时这种酶的活性是很小的。

可是低等植物很常常形成纖維素酶。指出分解木材或者纖維素的各種真菌、放綫菌和各种細菌就足以說明这种情况了,当然,前面談过的原始生物和無脊椎动物在分解纖維素方面比起真菌、放綫菌和細菌来,所起的作用是非常小的。土壤細菌和真菌是保証纖維素水解,水解产物进一步氧化成二氧化碳,并且把大量的二氧化碳恢复到大气中去的基本因素。

無疑,实际上农学家远在微生物学成为一門科学以前就已經知道了微生物的活动,在旧的农学手册中可以發現对促进土壤中纖維素分解的条件叙述,这种情况証明,人类在自己的实践活动中很早就已致力于調节土壤中纖維素分解过程以提高土壤的肥沃性。

然而,纖維素微生物学当作一門科学的产生,并不是和研究土壤中需氧条件下的纖維素分解有关,而是和查明纖維素的嫌氧性分解过程有关。显然,这是因为在上世紀的后半世紀各种發酵吸引了学者的格外注意。和路·巴斯德的工作有关,許多研究者都为各种有机物在嫌氧条件下的分解所迷恋。

1875年波波夫(Попов)最先进行了纖維素的嫌氧性分解的研究。他把淤泥接种在含滤紙和液体培养基的量筒中,并且观察了后来的纖維素水解和气体的形成。这个工作的意义为大家所公認,因为这个工作最先証明了纖維素的生物分解的可能。И. Л. 拉波特諾娃(Работнова, 1949)曾經著文来紀念波波夫最先發現纖維素嫌氧性分解。

在上一个世紀的末叶,关于 С. Н. 維諾格拉德斯基(1952)的选擇培养基的生态学的意义的观念得到了广泛的普及。从必需創造保証微生物的主导的机能之实现的条件出發,大家知道,С. Н. 維諾格拉德斯基用相应的培养基的組成限制了其他微生物發育的可能,促进了該过程媒介物的优先發育。

С. Н. 維諾格拉德斯基对硝化細菌的卓越的研究証明了他的理論前提是正确的。后来这个观念就奠定了他的門生 В. Л. 奥梅梁斯基(1895, 1897, 1901, 1902, 1904)的研究的基础, В. Л. 奥梅梁斯基第一个应用了选擇培养基以得到嫌氧性纖維素細菌。他曾經应用了除纖維素外不含其他碳源的培养基。В. Л. 奥梅梁斯

基把取自小河中的淤泥接种在含滤纸条和合成培养基的量筒中观察了纖維素發酵,并获得了發酵纖維素的嫌氧性孢子杆菌的选择培养。

B. Л. 奥梅梁斯基的培养基为大家所公認,他的經典的研究被刊载在以各种文字出版的所有的微生物学手册中。

在 B. Л. 奥梅梁斯基的著作發表了以后經過 20 年出現了一些研究材料,这些材料报导分离了大量的在需氧条件下分解纖維素的細菌(凱勒曼 Kellerman 和馬克別斯 McBeth, 1912, 1913; 凱勒曼, 馬克別斯和史凱尔斯 Scales, 1913 及其他等人)。在获取培养时这些作者最初应用了纖維素琼胶,按他們的意見这是需氧性纖維素細菌的选择培养基。

在后来这些研究引起了热烈的爭論,因为当檢查其中記載的微生物之分解纖維素的能力时表明了,它們不分解纖維素。很可能,这是同在纖維素琼胶上分离培养有关,在纖維素琼胶的組成中含有沉淀的已經变化了的纖維素,这就促使選擇了对普通纖維素來說很少活性的类型。特别是这种情况为纖維素的水合物很容易被纖維素酶分解所証实。另方面存在着这种說法,这种纖維素細菌的某些种之未分解纖維素,是因为它們在含無机氮的选择培养基中未获得發育,而它們为了生长需要有机态的氮。在这些条件下它們具有分解纖維素的能力。

然而無疑問,在这些研究中所記載的許多种,其实是不屬於纖維素細菌的。如果其中的某些种也分解了纖維素,那么它們就是不相同的类型,在后来这些类型曾不止一次地被許多学者分离出来,根据晚近的工作表明这些类型是在自然界中分布最广泛的纖維素細菌。

我們关于分解纖維素微生物的概念之發展的下一个阶段和 C. H. 維諾格拉德斯基(1952)的研究有关,他应用了选择培养基分离需氧性纖維素分解細菌。維諾格拉德斯基采用矽胶平板,在矽胶平板上放置圓形的滤紙,并利用了含矿質盐类的培养基分离出了一系列的有机体,其中有許多新的类型。他詳細地研究了分解纖維素的弧菌和纖維粘菌(*Cytophaga*)的生物学,同时叙述了許多关于纖維素分解的化学本性的見解。

許多微生物学家采用奥梅梁斯基(1895, 1897, 1901, 1902, 1904)和維諾格拉德斯基(1952)所建議的用来分离嫌氧性和需氧性纖維素細菌的培养基,从事于查明纖維素細菌在碳素循环中的作用以及研究它們的分布。由于苏联微生物学家的工作,确定了需氧性和嫌氧性纖維素細菌在自然界中極其广泛的分布,特别是証明了它們定居在北極的土壤中,海水中和貯水池的泥土中。曾經确定它們的分布在許

多海中(伊薩琴科 Исаченко 1914, 馬里楊茨 Мальянц 1933, 克利斯 Крисс 1945,) 以及在苏联的一些土壤中(切普里亚柯娃 Теплякова 1950, 斯拉夫尼娜 Славнина 1938, 普罗尼娜 Пронина 1952)。

然而,我們关于纖維素分解过程的媒介物的生物学的报导,特别是关于它們的生理学和生物化学的材料是不充分的,因为获得纖維素細菌純培养的方法研究得很少。由于这种情况,纖維素的需氧性和嫌氧性分解的化学本性也研究得不足。就是在混杂培养中纖維素分解特征的闡明对我們的关于纖維素細菌的新陈代谢的概念來說也是很少的。

纖維素微生物学研究的下一个阶段是与闡明分布最广的分解纖維素的微生物的分类地位有关。依姆歇涅茨基和索恩澤娃(Солнцева 1936, 1937)的研究曾經証明,在需氧条件下分解纖維素的粘細菌是分布最广的类型。所制定的方法曾使能够分离出許多純培养,确定它們的分类地位,并且查明了許多纖維素粘液細菌具有代表粘細菌目(Myxobacteriales)的基本生物学特征,它們的特点只在于具有分解纖維素的能力。

其次曾經确定,許多分类地位还未查明的細菌,其中有纖維粘菌(*Cytophaga*),其实是屬於粘液細菌的。这些观察在后来曾为克尔日民涅夫斯基(Krzemieniewski, 1937),米苏斯金(Мишустин, 1938),史坦尼尔(Stanier, 1942),弗劳埃斯(Fahraeus, 1941—42, 1944),哈姆逊(Harmsen, 1946)及其他等人所証实和补充。

随着分离纖維素細菌純培养的方法的改善,我們关于纖維素分解过程的生物学化学本性的概念發展了。依姆歇涅茨基(1938, 1939, 1940)的工作曾經确定,在好热性嫌氧纖維素細菌的純培养中进行着纖維素的激烈的分解同时在培养基中积累着大量的葡萄糖。在培养基中有葡萄糖的存在可以作为純培养的証明,因为在混杂培养中葡萄糖永远为伴随細菌所消耗,以后纖維素水解产物被發酵同时形成各种酸和醇。

証明纖維素在需氧性纖維素細菌的培养中的水解是非常困难的,然而在这方面也逐漸开始积累一些研究材料,証明纖維素分解在需氧条件下也像在嫌氧条件下一样开始于水解。除在需氧性的細菌培养中發現有葡萄糖和纖維二糖之外,下列的試驗結果,也証明纖維素的分解是通过水解的途徑的,在試驗中借助于从需氧性纖維素細菌培养中制得的不含細胞的酶制剂实现了纖維素的糖化(弗劳埃斯, 1944, 1946)。

纖維素分解生物化学本性的研究还未完結,存在着許多有待解决的問題。然

而已知的事实,使得能够按新的方式解释一些现象,而这些现象的本质在以前是完全不清楚的。其中特别是在纤维素细菌同各种各样的微生物之间,以及同低等和高等动植物之间的共生现象。这些共生关系是大家所知道的,但是只有在分离出需氧和嫌氧性纤维素细菌的纯培养,并研究了纤维素生物化学分解的各阶段之后,才可以了解这种共生现象的基础。以前的关于纤维素细菌同其他微生物之间存在着互生关系的概念,逐渐让位于下述的概念,即这些关系带有基于互相有利的,真实的,共生特点,这种关系在微生物之间是不比拮抗作用少的,但拮抗作用易于研究同时比共生关系注意得早,为了解释这种共生关系需要共生的各个成员的详细的生理学知识。

一. 需氧性纖維素細菌

(一) 研究方法

可以概括地把轉化有机物的各种微生物分成两类。引起淀粉水解的，腐敗蛋白質的，分解尿素的等等細菌列为第一类。它們很容易被分离成純培养。第二类包含那些在分离純培养方面經常被認為是微生物学中复杂任务之一的細菌。屬於这类的有硝化細菌，反硫化細菌以及纖維素細菌。

过高估計能以先用来得到丰富培养，而后再从而得到需氧性纖維素細菌純培养的方法的意义是困难的。

在纖維素細菌的研究历史中可以指出許多例子，由于采用不完善的方法促使研究者作出不正确的結論。存在多年的关于纖維素細菌的某些生理学特征的分歧，当闡明方法的錯誤时立刻就不成問題了。文献材料的分析以及本人的試驗得到这样的結論，鑒定从土壤或者其他自然的基質中分离出来的微生物的生物学特性的精确度和完备性决定于所采用的研究方法。

通常研究者停留在某一种分离細菌的方法上，当然这种方法使他只能分离出一定类群的纖維素細菌。在生态学方面纖維素粘細菌和纖維素分枝杆菌是極其不同的，分解纖維素的孢子杆菌和弧菌也是不同的。只采用一种培养基和一定的培养条件，我們只能使某一类获得优先的發育。

指出下列情况就够了，采用复有滤紙的矽胶片也就是采用維諾格拉德斯基(1952)所建議的方法，通常是不能發現分解纖維素有孢細菌和分枝杆菌的。然而当利用纖維素琼胶时就可能从土壤中分离出这些微生物。

限于簡短的前述，所以必須着重地指出在研究纖維素微生物学时，研究方法的巨大意义。

1. 纖維素化学

在最近几年中聚合化合物，其中包括纖維素的研究获得了巨大的成就。我們的关于纖維素的构造，分子量，获得纖維素脂的方法等等的知識，由于采用了現代的研究方法如纖維素构造的电子显微鏡的研究，高速离心的应用等，为許多新的材

料所丰富了。

在朔雷金(Шорыгин, 1939)、罗果文(Роговин, 1945)、格斯(Гесс, 1934)及其他等人的专論中,有着纖維素化学方面最新成就的詳細的叙述。虽然如此,我們認為討論有关纖維素化学的某些問題还是适宜的,因为对于了解和微生物分解纖維素有关的具体問題來說这是必需的。

首先應該討論和纖維素細菌細胞的大小有关的纖維素构造。

纖維素的构造单位是微纖維(фибрилла)它的厚度是 $80-150\text{\AA}$ 。借助于电子显微镜进行的微纖維的研究証明了,分子本身的大小是 $4.5\text{\AA}$ 。

纖維素的分子是由分布成鏈狀的葡萄糖殘基組成的。纖維素分子大小的低限是 $100-200$ 葡萄糖单位。某些研究者否認鏈的連續性,認為在每隔 $25-30$ 葡萄糖单位之后有側鏈。

当然借助于光学方法只能測定微纖維的厚度;它們的长度是 $10,000-15,000\text{\AA}$ 。

大分子不是直的杆狀的組成;它們具有不同程度的不对称組成,并且依各种纖維素而不同。纖維素的自然的纖維是微纖維束,同一类型的縱向的纖維。在植物的細胞壁中微纖維是由纖維素鏈組成的,它們的方位还远未完善。

現在对纖維素的大分子有某些数量的羧基組的看法已不發生疑問了。在棉纖維素中一个羧基組有 600 个葡萄糖殘基。有时不同起源的纖維素以构成纖維素大分子的羧基組的数量为特征。例如,松树纖維素含 11 个羧基組,而麦杆的纖維素含 9 个羧基組。

所以實質上,鏈狀的纖維素的个体分子并不是基本的构造单位,而被称为微纖維的它們的束才是构造单位,它們的厚度小于細菌細胞的寬度数倍。因而每个細菌細胞,例如弧菌于接种在纖維素纖維上时紧紧地貼附于个别的微纖維之上,并以分泌的酶作用于它們。

其他微生物特別是放綫菌存在着以微纖維为一方,和以微生物細胞为另一方的相互間的更加紧密的关系。放綫菌菌絲的厚度有时是不大的,等于纖維素大分子的厚度。因此,在这里創造着纖維素和菌絲体表面之間的十分紧密的接触。

只有棉花的纖維素是“葡萄糖的多糖”;虽然大多数植物有着或多或少相当于棉纖維素的纖維素,但是这种纖維素是同由較短的鏈子組成的物質相联。属于这种纖維素的首先是纖維多縮戊糖。尤其是多縮木糖,它含有 25% ;在被子植物中还發現有多縮甘露糖。这些鏈的方位都和纖維素相同,然而鏈的长度比纖維素短。纖維多縮戊糖很容易为弱酸水解和用碱来提取。这样处理之后纖維素失掉其固有

的构造而具有“蜜蜂蜂房”的特点。

濾紙是經過上述处理的木質纖維，所以未必可以有根据地把它看作是典型的纖維素。由于在纖維素中有纖維多縮戊糖的存在，这就可以解釋，为什么許多狹隘的专化纖維素細菌不仅仅可以分泌纖維素酶，也分泌水解纖維多縮戊糖的酶。

大家知道，微生物分解植物的年幼組織比分解年老的組織来得容易。似乎这种情况就可以用年幼植物的纖維素的不同的构造來解釋。其实，甚至是对極其年幼的纖維素进行X射綫分析，也可以發現同年老植物相同的构造。在自然的条件下年幼植物組織的比較容易的分解特点，也不能用纖維素的形成是由于縮合作用而發生的來解釋，因为任何时候，甚至是在極其年幼的植物組織中也从未發現低分子的寡糖类。所有在有机化学中的实验材料都証明纖維素是由聚合作用而發生的。植物的幼年組織的分析表明，它們含60%的果胶物質，而纖維素仅仅只含5—7%。植物生长的末期果胶物質的数量降低到6—8%。

根据这种情况可以提出这样的假說，纖維素的合成与多葡萄糖醛酸的羧基还原有关。在这种場合应把果胶看作是最初的形成产物；而纖維素仅仅是次生过程的结果。認為果胶物質不是由纖維素綜合体形成的而是以盐的形态存在着这是比較正确的。比較年老的植物的細胞膜的較大的稳定性，显然是同較大量的木素的形成有关，根据我們的材料，木素的存在在某种程度上阻碍着纖維素細菌对纖維素的分解。

对于研究微生物分解纖維素过程的微生物学家來說，纖維素的水解是非常有趣的。像我們在后面将看到的那样，所有的纖維素微生物都进行着这种水解。这个过程的意义，無論是对解釋在微生物之間所实现的那些互生的关系來說，或者是对解釋于纖維素發酵时形成的那些在实践中有价值的产物來說都是巨大的。

如众所周知的，纖維素不具有还原的性質，这或者是与它的大而长的鏈有关，或者是同最末端的基的变型有关，例如同羧基的氧化有关。当纖維素水解时形成許多“水解的分段”——維纖維素糊精。这种物質还研究得很少。甚至当纖維素稍被处理时，鏈的长度就發生变化；在存在着側鏈的地方發生鏈的断裂。

現在对下列問題已不發生怀疑了，即纖維素不是由个别的具有真实的界面和一定大小的結晶或者是胶粒所組成的。絕大多数的研究者認為，在常温下纖維素是处在無定形的状态。然而其中某些研究者指出，天然的纖維素是处在不平衡的状态也就是处在整齐的状态，結晶的状态。通常在纖維素的标本中，無論是否經過沉