



农业微生物丛书之一

农业微生物基本知识

中国农业科学院土壤肥料研究所

陈子英

农业出版社

农业微生物丛书之一
农业微生物基本知识

中国农业科学院土壤肥料研究所

陈子英

*

农业出版社出版

(北京西总布胡同7号)

北京市书刊出版业营业许可出字第106号

中华书局上海印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 1/32·5/8 印张·13,000字

1959年2月第1版

1959年2月上海第1次印刷

印数：1—31,000 定价：(7)0.08元

统一书号：16144.584 59.2.京型

農業微生物叢書之一

農業微生物基本知識

中國農業科學院土壤肥料研究所

陳子英

農業出版社

目 录

- 一、微生物的基本类型及其在农业上的用途.....3
- 二、微生物的生活条件和相互关系.....10
- 三、微生物的营养.....13
- 四、微生物工作的基本操作方法.....14

一、微生物的基本类型及其在农业上的用途

微生物是自然界一个复杂的、种类繁多的有机体，是有生命的东西。它们是动物还是植物，直到现在尚是一个没有肯定的问题。因为它们同时具有与动物和植物一样的某些特征。微生物与人类生活有非常密切的关系：在医药上、在工业上、在农业上、人们早已利用微生物的活动来为生产服务。现在我们简单地介绍一些与农业有关的微生物。

1. 细菌 细菌是单细胞的有机体，它们以分裂的方法进行繁殖，单个的细菌只有显微镜才能看见，它们的大小不一，由小于一微米的长到几十微米，它们的形态主要有球菌、杆菌与螺旋菌三种。

球菌：是最普通的类型，由于分裂和排列的形式不一样，可分为单球菌——各个细胞之间没有一定的排列规则；双球菌——两个细胞成对相联；四连球菌——四个细胞整齐排列；八连球菌——八个细胞相叠排列，或者许多细胞相互连接成链状（图1）。

杆菌：可以分为两大类：芽孢杆菌与无芽孢杆菌，芽孢杆菌经过一定时期后，便形成芽孢，各种芽孢杆菌形成芽孢的时期差别很大，有的十几个小时便可形成芽孢，有的需要十几天。形成芽孢的特性，不是为了繁殖后代，而是一种保护作用，没有形成芽孢的细菌在 100°C 时会全部死亡，形成芽孢之后，可以经过数

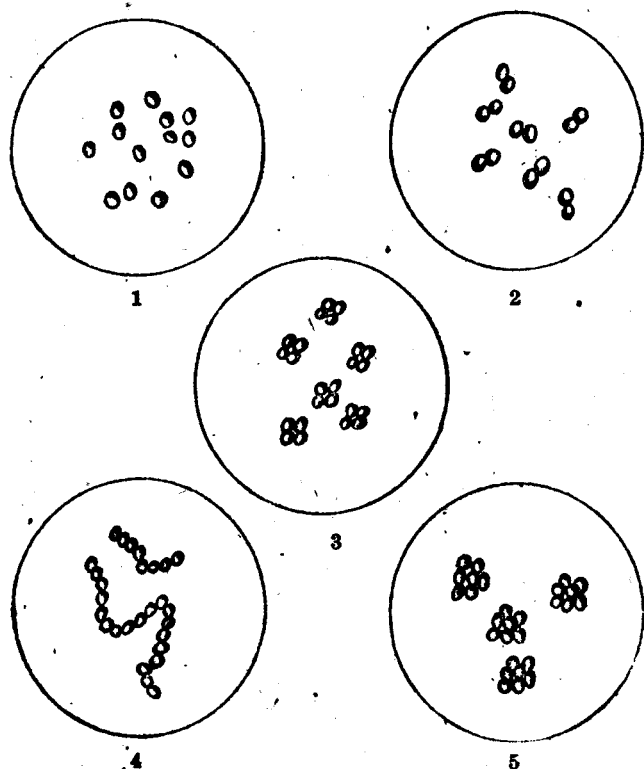


圖 1 各種圓球菌的細胞形態

1. 球菌 *Coccus*; 2. 雙球菌 *Diplococcus*; 3. 四連球菌 *Tetracoccus*;
4. 鏈形球菌 *Streptococcus*; 5. 八連球菌 *Sarcina*。

分鐘到數小時的煮沸而不會喪失繼續生存的能力。因此有些芽孢桿菌經幾十、幾百年甚至於更長的時間還能保持生命力。各種細菌所形成的芽孢形狀不一樣，有圓形，紡錘形和鼓槌形等等。當外界條件適宜時，形成芽孢的細菌即出芽分裂進入生長繁殖狀態。另一種桿菌無論何時不能形成芽孢。不論芽孢桿菌

或無芽孢杆菌，細胞的大小，形狀及排列都有很大差別，如氮化能力很强的蕈狀芽孢杆菌 (*Bac. mycoides*) 在形成孢子以前，粒狀的杆菌形成很穩固的長鏈狀，枯草杆菌 (*Bac. subtilis*) 在形成芽孢前，短小的杆狀細胞往往只是數個相連，而有的杆菌多成對相連稱為雙杆菌 (圖 2 之 1、2)。

螺旋形的杆菌形态也很多，有的稍微彎曲成弧形；有的非常彎曲成螺旋形 (圖 2 之 3、4)。

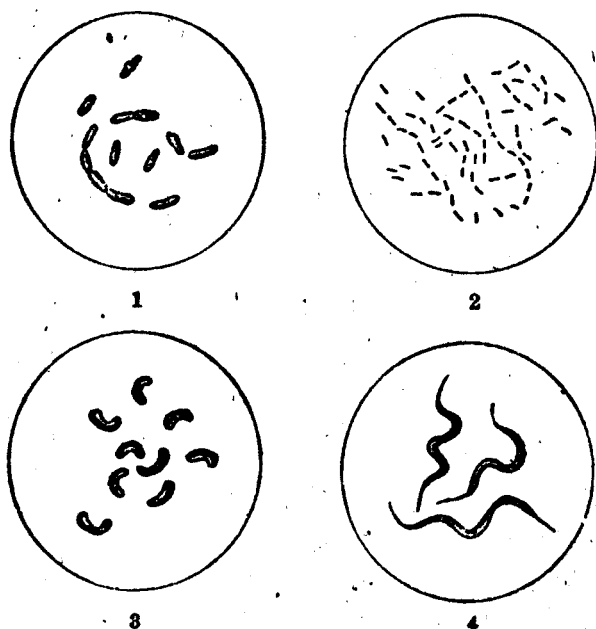


圖 2 各種杆菌与螺旋菌的細胞形态

1. 芽孢杆菌 *Bacillus*; 2. 無芽孢杆菌 *Bacterium*;
3. 弧形杆菌 *Vibrio*; 4. 螺旋形菌 *Spirillum*。

細菌的形态不是一成不變的，在細胞的整個生活過程中，往

往变成各种形态,如某些固氮菌细胞在生活的初期成短杆菌状,以后逐渐变成“8”字形的双连球形状。在不同的培养基与外界条件下,细菌的形态往往变化不一,因此,当我们对细菌进行比较或分类鉴定时,必须选择一定的培养基。与一定的生长期,一般都选择在牛肉汁培养基上、经过 24—48 小时的细菌进行观察。

细菌细胞的形态与它的分裂方法和繁殖方法有密切的关系,细菌分裂的方法大致有三种①对等分裂;②不等分裂;③延长分裂(图 3)。

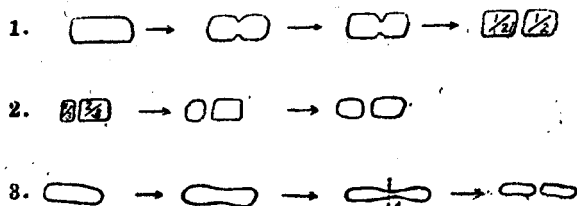


图 3 细菌的繁殖方法

1. 对等分裂; 2. 不等分裂; 3. 延长分裂。

在平面培养基上,细菌菌苔的形状颜色彼此各不相同,有的具有各种大小深浅的皱纹,有的平滑返光,有的与培养基连在一起。这些细菌的特性,都用来区别各种不同的细菌。此外,在液体中细菌能够运动,运动的方式有颤动、前进、或靠鞭毛摆动,鞭毛的形态与多少,各种细菌并不一样,有周身鞭毛,有一端鞭毛,有两端都有鞭毛等(图 4)。

细菌在农业上的用途非常广泛,特别是作为细菌肥料与农产品加工。当作细菌肥料使用的,有根瘤菌、固氮菌、磷细菌、钾细菌及混合细菌肥料等。前两种主要是固定大气中的氮素;磷、钾细菌肥料的功用是使土壤中难溶的(植物不能吸收的)磷、钾

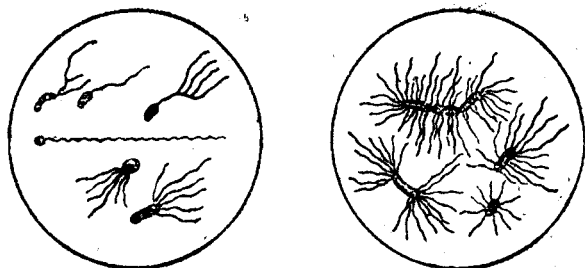


圖 4 細菌的鞭毛

养分变成可溶的状态,以便根系吸收;混合細菌肥料是由一百多种細菌选择配成的新型細菌肥料,它的主要功用是分解土壤中的有机質,保証植物养分和刺激作物生長。

在农产品加工方面,細菌的活动有很大的意义,由于乳酸細菌所产生的酸性反应,抑制其他腐敗微生物的活动而使得牛奶蔬菜、青貯飼料等产品能够長期保存,瀉麻以及好些有机酸的制造都是由于細菌活动的作用。

2. 放线菌 放线菌是一种細長分枝的單細胞微生物,它被認為是真菌与細菌之間的中間类型,因为在其發育的阶段中,分枝末端分成小节,每个小节發育成为一个孢子或分生孢子,然后它們又分別成長为一个新的分枝菌絲体。放线菌在平面培养时,一部分長在培养基里面,另一部分長在表面形成孢子梗,不同种放线菌的孢子梗,形狀不同,有螺旋形、波浪形或短枝形(圖 5)。它們的孢子形狀也不一样,有杆狀、球狀或橢圓形。在平面培养上,它們很紧密地与培养基結合在一



圖 5 放线菌的基本形态

起。放线菌的菌苔具有各种不同的颜色，或者是无色。色素的化学性质不一样。或溶于水或溶于酒精与其他有机溶剂中。色素的生长往往受营养与外界条件的影响。这些色素或其他产物，往往具有很强的抑制其他微生物生长的能力，它们在医药上、工业上、畜牧业及农业上被用来提制各种不同的抗生素。

在农业上，放线菌也被用来作为抗菌肥料如：5406 抗菌肥料，或者提炼抗生素如 1013、E 38 等抗生素，它们的功用是防止植物病害如棉花立枯病、黄萎病、稻瘟病等，同时能刺激作物生长。在家畜饲养上，放线菌亦被用来作为饲料，如金霉素和地霉素等。

3. 真菌 真菌是一种多细胞的不具有叶绿素的有机体，它们以腐生或寄生的方式获得营养，它们是以无性与有性的方法繁殖。无性繁殖是以一种特殊的孢子进行繁殖（图 6 之 1、2、3、4）。有性繁殖是两个细胞接合后，形成接合孢子如白霉菌类，或形成子囊孢子如酵母。根据不同的形态与生理，真菌可分为五大类，即：古生菌、藻状菌、囊子菌、担子菌与不完全菌等。它们与人类生活有密切关系，许多作物的病害是由于感染真菌而引起的，另一方面在农业上许多真菌是有益的，如酵母菌在酿造方面的利用，赤霉菌所产生的赤霉素等，此外有些真菌可以直接当作食物具有很大的营养价值，某些真菌可以用来制造一些化学物质如檸檬酸、葡萄糖……等等。

4. 藻类 除了细菌、放线菌与真菌之外，藻类也广泛地在自然界分布着，特别是在水和土壤中，藻类与其他微生物不同，具有各种色素（绿、蓝、红、褐等色），因此，它们能够直接利用大气中的二氧化碳。在土壤肥力方面，藻类有很大的意义，在每克土壤中，有数十万个到数亿个，由于藻类的活动，土壤中积累了大量的有机物，它们是土壤中其他微生物的重要“食物”，同时，也

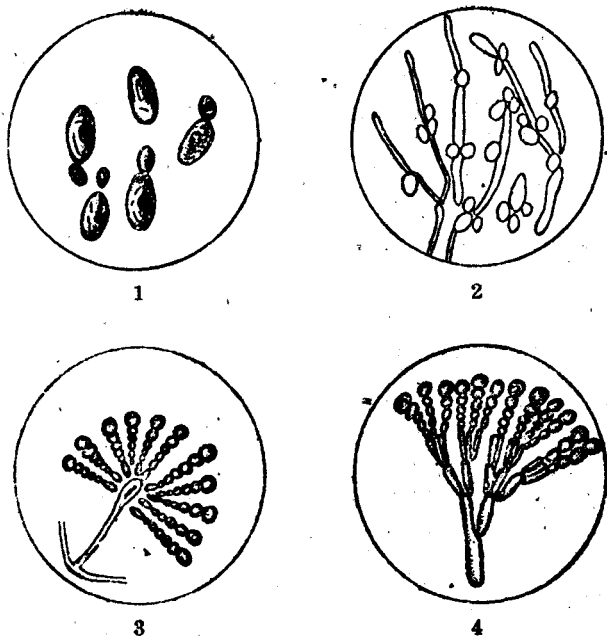


圖 6 真菌的基本形态

1. 酵母; 2. 念珠菌; 3. 霉菌; 4. 青霉。

直接增加了土壤中有机質的积累。藻类在光合作用时，放出大量的氧气，增加了土壤中氧的含量，刺激土壤中好气性微生物的活动，加速了土壤中植物营养的轉化。有好些藻类如藍、綠藻能够直接固定大气中的氮素。有些学者認為在水田中氮素的增加，主要是由于藻类的固氮作用，但另外有些科学工作者反对这个意見，他們認為水田中氮素的增加是由于藻类供給的氧气，促进了固氮菌的固氮作用。我們認為这两个意見都不是绝对的。但是可以肯定說，由于藻类活动增加了土壤的氮素。

藻类除了在土壤中的功用外，它們还可以用人工的方法大量繁殖作为飼料与其他食物。

5. 除了上面所說的这些微生物，在微生物区系中还有原生动物与噬菌体。原生动物在土壤中吞食其他細菌，它們比細菌的細胞大得多。噬菌体却是一种比細菌小得多的微生物，在显微镜下看不见，可是它們却包围在細菌周围进一步消灭細菌，它們在医药上被用来治病，在农业上在根病菌中也时常发现它們。

二、微生物的生活条件和相互关系

微生物的生活需要一定的条件，如温度、湿度、空气、酸碱度等。大多数微生物在 25—28°C 时生長得很好，少数微生物却喜欢生長在低温 5—10°C，也有一些微生物喜欢在 60—70°C 时生長，这些微生物多半生長在發热而腐敗的植物殘体内。我們常常利用高温来杀死微生物，比如將食物煮沸，就能防止食物的迅速腐爛。一般在 60—70°C 的时候，微生物的細胞就会死亡，到了 100°C 全部微生物都死亡了。可是形成了孢子的細菌，却不会死亡，它們可以經受很長时间的煮沸。为了杀死孢子，往往采用高压灭菌的办法（一个大气压）。湿度对微生物的生活，有很大的关系，各种微生物都需要一定的水分才能生活，潮湿的种子、蔬菜、食品是微生物容易滋生的地方，因此，它們都容易腐爛，在日常生活中將各种潮湿易爛的东西干燥保存，就是为了防止因微生物的活动所引起的食物腐爛，不过干燥只能防止微生物的活动而不能杀死微生物。其次，各种微生物对湿度的要求也不同，霉菌不需要很高的湿度，在植物不能生長的条件下它們也能生長。而細菌却要求十分潮湿的条件，否則細菌無法生長。放线菌一般要求的湿度是比較低的。

絕大部分微生物與其他高等生物一樣需要空氣。特別是其中的氧氣，它們吸收空氣中的氧放出二氧化碳氣，沒有氧氣它們就無法生存，這一類微生物叫做好氣性微生物，真菌、放線菌及大部分細菌是屬於這一類微生物。與好氣性微生物相反，有些微生物不需要氧氣也能生長，甚至有氧氣對它還有毒害作用，這一類微生物主要是利用其他化合物中所含的氧。發酵與其他嫌氣分解便是這一類微生物的活動，它們是嫌氣性的微生物。另外有一些微生物既可以在氧氣存在的條件下生存，也可以在嫌氣性的條件下生長，酵母和許多土壤的細菌即是這一類微生物。

大多數的微生物喜歡中性或弱酸性的環境，強酸強碱的條件它們不能生長或生長不好，各種微生物對酸鹼度要求不一樣，有趣的是某些微生物在不同的酸度下有不同的表現，例如赤霉菌在酸性的條件產生刺激植物生長的赤霉素，如在碱性條件下，就完全不產生赤霉素。

微生物對環境條件的要求，不是一成不變的，也不是絕對的，它們有很大的適應性，當環境條件有變化時它們便隨着變化而適應新的條件，因此當我們在實驗室的條件下，許多次的移接菌種，就容易引起它們的變異，不過環境的突然變化不能引起微生物的變異，如果變化很大，如溫度驟升驟降，便只能引起微生物的死亡。

微生物之間的互相關系以及與其它高等植物的關係是一個複雜的問題，各種微生物在自然界不是獨立地生活，它們彼此之間有各種不同的關係，大致可以歸納為共生、互生、寄生和抵抗作用等四種關係。

共生：是兩種以上的有機體互相交換營養物質而不影響各自的生存，如根瘤細菌與豆科植物的關係，根瘤菌進入豆科植物的根部形成根瘤，它利用植物光合作用所生成的碳水化合物，然

后把空气中的氮素固定供給寄主(豆科植物)使用。真菌与藍、綠藻之間的关系更加密切，由于它們的共生关系而生成一种新的有机体即“地衣”，真菌的菌絲纏繞藍、綠藻的細胞，因而形成了一种或多或少固定的植物，参加这个群体的往往还有固氮細菌或紫色細菌，从大气中固定的氮或形成的氨基酸，能够被真菌和藻类使用。

互生:互生是微生物中最常見的生活关系，在空气良好的土壤中如果没有好气性細菌吸收分子氧，那末嫌气性細菌便不能很好生長；固氮菌与纖維分解菌的关系也是一样，纖維分解菌需要氮素，同时它們分解纖維所积累的有机酸又妨碍它們繼續生長，而固氮菌不需要有机質的氮素却把纖維素分解后的有机酸和碳水化合物氧化，为纖維素分解菌創造了活动条件。土壤中很多細菌都有或多或少的、不定形的互生現象，即一种細菌为另一种細菌的生存，創造了良好的条件。

寄生現象:是一种有机体靠侵害另一种有机体而生活。前一种有机体寄生在后一种有机体上攝取寄主的营养，进行生命活动，如許多种真菌寄生在植物体上而引起了植物病害，如小麦銹病、馬鈴薯晚疫病等。又如噬菌体寄生在活細菌的机体上面引起細菌死亡等等。

微生物間互相拮抗的作用:表现在某些微生物在生命活动中产生出某种物質来抑制其他种微生物的生長。譬如許多种放綫菌能够产生抗生素抑制其他种微生物，这种生理作用，被广泛地用来防治人畜病与农作物的病害，如1013与E38号抗生素就是从一种放綫菌中提制出来的。它可以防止棉花立枯病、黄萎病、稻瘟病等严重病害。另外也可以用活的放綫菌来防治植物病害，如5406抗生素肥料就具有抗病和刺激生長的作用。

三、微生物的营养

各种細菌、真菌、放线菌与其他种微生物，都不具有專門攝取营养的器管。以細菌为例，它是一种單細胞有机体，它的营养全部由細胞表面的滲透作用完成的。这种作用受到許多客觀条件的影响，如細胞的特性、細胞内外营养物質的差別、轉化速度的快慢以及各种营养物質本身的特性。

真菌、放线菌和絕大部分的細菌只能利用有机質中的碳素，只有藻类和極少数的其他微生物有进行光合作用的能力，因为它们具有綠色素或其它色素。微生物对于氮素的要求各有不同，有些細菌、真菌和藻类能利用空气中自由氮素，例如固氮菌和根瘤菌，在豆类作物根瘤中，就是这种微生物；有部分細菌欢喜蛋白質中的氮素，如許多病菌就是这样，另外一些細菌可以在無机氮鹽中生長。有一种叫做反硝化細菌的微生物可以利用硝酸鹽中的氮素，并把其中一部分还原成氨或游离的氮素，这种細菌对土壤肥力有很大的害处，因为它將植物容易吸收的氨轉化为游离氮素，他們多半是土壤細菌。另外一些在根上的反硝化細菌只能將硝酸态氮还原到氨态氮。

微生物也与高等植物一样需要灰分元素——磷、鉀、硫、鎂、鈣以及其他微量元素，特别是磷、硫、鉀三元素更为重要。这就是为什么我們在配一个合成培养基时必须加入各种不同份量的灰分元素，在有机培养基中如牛肉汁、馬鈴薯汁等，不需要加入灰分元素，因为各种有机物中含有足够用的灰分元素，不过往往在配牛肉汁——蛋白胨培养基时要加一些食鹽，这并不是培养基缺少氯和鈉，而是食鹽在培养基中能加速营养物質的滲透作用。

如果利用自来水或井水、河水配制培养基时不需加入微量

元素(硼、錳、鋁、碘等)，如果用蒸餾水配培养基(比如作某种生理試驗)时，必須加入微量元素。

各种不同的微生物要求不同的培养基，遺憾的是現在还没有可靠的办法来分析某种微生物到底需要那些不同营养，因此人工的培养基都只有相对的意义，不能完全滿足某种微生物对营养的要求。在实验室的条件下引起菌种的退化和变异的主要原因之一，也是由于人工配制的培养基不能滿足某种菌株对营养物质与环境条件的要求，因此当我们用平面計算法分析土壤或植物的細菌总数时，往往于培养基不同而結果各异。譬如土壤細菌在無机鹽合成培养基上的数目要比牛肉汁培养基上多得多，与这个情况相反，水稻根际細菌，在牛肉汁培养基上往往要比在化学合成培养基上的数目多，因此用平面計算法，所得多的数字只有相对意义。此外，各种微生物生長与繁殖速度不一，培养基成分不一，往往有大部分微生物不能生長。

四、微生物工作的基本操作方法

近几年来关于微生物工作的操作，有不少的創造与改进，有些是切合实际的、实用的，也有的是过于繁瑣。現在我們分別介紹一些有关微生物的基本操作方法，一部分是前人的業績，一部分是我們在实际工作中的改进，至于有关各种細菌肥料与生物制品的專門操作方法，將分別写在其他各种書中敘述。

(一)灭菌 所有培养基与微生物工作中的用具在使用前必須經過严格的灭菌(或叫消毒)，以杀死那些我們不需要的微生物，否則飞揚在空气中或落在器具上与培养基中的微生物会干扰我們的工作。灭菌的要求是杀死全部活菌以及它們的孢子，灭菌的方法大致分高温、高压、化学与物理等几方面。

1. 高温灭菌:最常采用的是高温干燥灭菌,主要將各种玻璃器具放在高温灭菌箱(也叫烤箱)中,將温度调节到 160—170°C,密闭烤一个半小时,这样便消灭了全部微生物的細胞与孢子。必須注意的問題是培养基或潮湿的东西不能放在烤箱中灭菌,玻璃器具上的水滴必須擦干,否則会使玻璃器具破裂。其次,不能使空气在烤箱中流通,否則不是温度升不高,便是引起燃燒。同时木制、蜡制、油脂及其他容易燃燒、分解的化学药品,都不能在高温烤箱中灭菌。

2. 高压灭菌:通常是將蒸气通到密闭而且能經得住压力的金属容器中,或者是將容器中的水煮沸、汽化使压力达到 15 磅(或一个大气压力),經過 15—30 分鐘进行杀菌。一般的培养基与不能用高温灭菌的某些器具、用品都采取高压灭菌。必須注意的是不要將那些經不住压力的培养基、用品与器具在高压下灭菌,否則会发生其他变化,破坏培养基,例如有葡萄糖的培养基最好不要在高压下灭菌,如果需要测定碳源定量的葡萄糖培养基,無論如何不能在高压下灭菌。其次,在高压灭菌操作过程中,要注意事先將容器中的冷空气用蒸气排出去,然后再关闭門,灭菌的时间,是以压力升到 15 磅时开始計算。灭菌完了之后,不能馬上打开容器,必須使容器內外的压力一致之后才能打开,否則会发生爆炸,引起事故。同时也不能立刻打开門放气,应该使压力慢慢下降,否則便会使灭菌器內的培养基冲开棉塞外流或者引起玻璃容器爆破,同时各种玻璃器具必須事先用廢紙包好,以免灭菌时潮湿。

3. 間歇灭菌法:有些培养基、用品或器具,不能經受高压,便采用間歇的灭菌方法。將需要灭菌的东西汽蒸30分鐘,然后放在室温的条件下(或保温箱中)經過24小时,再杀菌 30 分鐘,这样反复进行連續杀菌三日,就可以把全部微生物杀死。这个道理