

# 微生物在堆肥厩肥制造过程中的作用

張 鵬 圖

(山东农学院)

在土壤中施用各种肥料是提高土壤肥力的重要措施,只有在不断提高土壤肥力、满足作物营养条件下,才能获得作物的丰收。

在我国,目前在化学肥料还不能大量满足农业生产需要的情况下,农家肥料(堆肥、厩肥等)更起着重要的主导作用,而且这些有机肥料在施用的效果上,往往比单纯使用化学肥料更具有多方面的优越性,因此,在目前和将来,农家肥料的大量制造和应用,在我国农业生产上仍具有着重要的作用。

堆肥和厩肥的腐熟,是堆肥厩肥的生效化过程,也即指组成它们的原来复杂的、有机的、植物不能利用的成分,转变成简单的、无机的、植物可以利用的养料的成分,而这一过程在实质上是在各种微生物的综合作用下,而使复杂的有机物质(如纤维素、蛋白质和其他含氮有机物质等)进行分解和再合成的结果,因此我们可以把腐熟的堆肥、厩肥看做是微生物分解有机物质和再合成的产物。

堆肥、厩肥在腐熟过程以及在它们施入土壤后产生肥效的过程方面,都与土壤微生物的活动有着密切的关系。为了提高这些优质的有机肥料的质量,和改善其制造方法,应该首先对这些肥料制造过程中微生物所起的变化及其活动规律加以了解。

## 一、堆肥、厩肥的组成及腐熟前后的变化

所谓“堆肥”,是以植物性物质(如植物茎叶)为主,加以适量粪尿,经堆积腐熟而成的有机肥料;而“厩肥”则是以褥草或其他植物性物质、垫厩土,混以粪尿堆积腐熟而成的有机肥料。至于粪肥(或土粪),则以人畜粪尿为主,和以适量土壤腐熟而成的有机肥料。

就堆肥、厩肥的组成原料和其腐熟的微生物学过程,以及腐熟后的性质来看,二者基本上具有相似的过程和性质。

在微生物的分解和再合成的作用下,从植物性的物质到腐熟后的堆肥和厩肥的变化过程中,由于植物细胞组织的彻底破坏,首先使材料的物理性质,发生了深刻的变化;由原来不均匀的草、粪、土的混合物,变成几乎接近一致的松散的胶性物质。在化学成分上,组

成植物细胞的物质也起了根本的变化。根据化学分析的材料,腐熟后的堆肥和厩肥都含有大量的腐殖质及各种水溶性的物质、果胶物质、粗蛋白质、脂类物质和残余的纤维素、木素等。在碳氮比例(C/N)上,腐熟后的堆肥、厩肥也大为降低,原来的动植物的蛋白质,大都改变为微生物细胞的蛋白质及腐殖质中的含氮物质。在堆肥、厩肥的腐熟过程中,微生物不仅积极地进行了分解作用,与此同时,它们还合成了肥效极高的腐殖物质,因使腐熟后的堆肥、厩肥,在肥效上有显著的提高。

堆肥、厩肥的腐熟,不仅提高了其中的有效养分,同时,由于微生物大量繁殖的结果,也大量带着着在土壤中具有有益活动的各种微生物及这些微生物生命活动的产物。在腐熟后的每克堆肥或厩肥中,可带有3—10亿个微生物,由微生物活动而分泌的各种维生素和生长刺激物质也有所增加,例如,在每克厩肥中含有维生素B<sub>6</sub>(硫胺素)和维生素H(生物素)在0.2微克以上,因而对种子的萌发和幼苗的生长发育也有着显著的刺激作用。

## 二、高温堆肥及其微生物学过程

由于堆肥、厩肥可以用各种不同原料、各种不同堆积方法来进行堆积,因而它们在成分和其中微生物学过程的变化上,有着某些程度上的不同,但基本上有着相似的生物化学变化的共同性。现就目前国内各地普遍推广的高温堆肥的堆积过程加以讨论。

制造堆肥的材料,主要是植物性物质和人畜粪尿做为基础成分。一般采用的配合比例大致如下(以重量计):

植物残体(或粪草)	100份
人粪尿	10—20份
石灰或草木灰	2—5份
水	100—200份

如用化学肥料做为氮及磷的来源而代替粪尿时,其配合比例大致如下(以重量计):

植物残体(或粪草)	100份
硫酸铵	0.5—0.7份

过磷酸钙	10份
石灰	20份
水	200份

在以上的配合比例中，加入粪尿的目的在于供给微生物活动需要的氮素和磷素；加入石灰或草木灰，则是调节并用以中和由微生物分解作用中所产生的酸，缓冲环境的酸硷度，以免因微生物的活动受到抑制而减缓堆肥的腐熟作用。但石灰的用量不可过大，应视具体情况而定。在配合堆肥各种原料的比例时，氮素和磷素的含量不应过低，以有效地积累堆肥中的氮素。在用粪草为主要材料时，最好先将材料碎断压裂，使增加与微生物的接触面积，以促进微生物的分解活动。但在材料过于碎小的情况下（如用散碎的垃圾做主要材料时），为了避免由于堆积过紧通气不良而妨碍微生物的活动，则应混加架空材料（如粪草或其他植物残体），以利于微生物的分解活动。

堆肥的成分、堆积方法，与其腐熟有密切关系。此外，堆肥的水分、通气情况、保温情况等也是影响其腐熟的重要因素。

堆肥堆制的地点，以选择不会积水和材料运送、管理方便的场所为宜。为了保证肥堆的排水通气以加强微生物的分解活动，肥堆底部应挖好通气孔道，如在肥堆底部挖以3—5个平行排列的沟，上面铺以架空材料（台架式堆肥），或在肥坑底部挖以“十”字形沟道（半坑式堆肥）。

在铺放堆积材料时，最底一层最好用棉株、玉米秸、芝蔴秆等做为架空材料，铺1尺左右，并使其纵横交错以利于排水通气。然后再分层铺放碎断的粪草、粪尿、石灰或草木灰等，每铺一层应适当压紧（如材料过于细碎则不必压紧）。堆积材料在铺放前最好用水浸透，或铺一层材料，灌一次水。总之，以达到湿透为止，因为只有在水充分的条件下，才能使微生物处于旺盛的活跃状态。

堆肥堆积的大小，也是影响其腐熟和质量的一个重要方面。根据我们的经验和分析，堆肥基地面积不宜小于80—100平方尺，高度不宜低于4—5尺。在一般情况下，堆肥的体积越大其保温保水也越好，其边缘不能充分腐熟的比例也越少。

堆肥的保温，尤其在堆制的初期更具有重要作用，此即所谓“泥封”或“封顶”。材料堆好后，应在外面用湿泥或塘泥、河泥封闭，泥层的厚度一般在3—4寸。就微生物角度言，“泥封”首先可防止和减少由微生物活动所产生的热量的迅速丢失，和水分的过度蒸发，维持恒定温度，有利于微生物的分解活动。其次可保存堆肥养料不致因雨水冲淋而流失，同时可阻止顶部和

四周的气体交换，从而防止分解初期挥发性氨的丢失；泥顶并有吸收部分氨的性能。此外，泥封的作用还可有益于堆肥场地的环境卫生。

关于堆肥腐熟的变化及其微生物学过程，可分几个阶段，分述如下：

### (1) 初期温度增高阶段

堆肥分解初期，由于微生物大量繁殖、旺盛的进行呼吸作用的结果，释放的热能大量积聚起来，因之堆肥中的温度逐渐升高，此时，堆积材料中的水溶性物质的数量减少最快，在好气条件下，蛋白质类物质首先迅速分解。此阶段分解有机质的微生物，多为中温型好气性的一些种类。由于堆肥的材料不同，其所携有的微生物种类不同，因而占优势的微生物种类和数量，在不同的堆肥中，有显著差别，同时由于此阶段温度的迅速上升，因而不易找出各种微生物间的交替性变化。一般在堆肥分解初期，多为无芽孢杆菌及球菌最先发展起来。

### (2) 高温阶段

随着堆肥中微生物种类的交替和活动的加强，在微生物旺盛的代谢作用下，水溶性有机物质的迅速分解，使得堆肥堆中的温度迅速提高至50℃以上，堆制得好，可以升高到80℃。

在高温阶段中，在强烈的微生物作用下，除残留的和某些新形成的水溶性有机物质继续分解外，复杂的有机物质如纤维素、半纤维素等在高温性分解纤维素细菌的作用下，促使了纤维素物质的快速分解。此时堆肥中开始了与有机质分解的对立过程——腐殖质的合成作用；在微生物合成作用下，开始形成能溶于弱硷的暗棕色有机物质。

此阶段中，当温度超过40—50℃时，中温性微生物的活动即逐渐为高温性的微生物种类所代替。这些微生物中，包括许多能强烈分解纤维素、木素等复杂有机物质的细菌（主要为芽孢杆菌）、放线菌和真菌的一些种类，它们的种类和作用强弱也在不断地起着交替性的变化。例如在温度高至60℃时，嗜热真菌属（*Thermomyces*）的一些种类的活动渐趋停止，只有高温性细菌和嗜热性放线菌进行分解活动，而在60℃以上时，嗜热性放线菌中的褐色嗜热放线菌（*Act. thermofumosus*）的活动也受到抑制，而适应更高温度范围的普通小单孢菌（*Micromonospora vulgaris*）的数目却有所增加，不过它只能分解淀粉和蛋白质类物质却不能分解纤维素物质。

### (3) 降温阶段

温度升高到一定程度，嗜热性微生物的活动也受到抑制，同时由于在大部分纤维素物质分解后，容易分

解的物质逐渐减少，而新形成的腐殖物质及某些难以分解的物质（如木素等）相对的增加，因而微生物的分解作用也随之相对减弱，堆肥温度即逐渐下降。在温度降至 50℃ 以下时，残留的纤维素、半纤维素、木素等继续进行腐解。

此阶段中微生物的种类与初期温度增高阶段中的种类又有显著不同，此时由于复杂的、难分解的有机物质相对的增加，因而分解有机质能力强大的细菌和放线菌大大增加，一般耐高温、抗有机质能力强的菌株，常在此阶段中居于优势状态，此时堆肥即进入腐熟的后期。

为了保持已形成的腐殖物质不致分解，在堆肥腐熟的后期，即应将堆肥压紧，使进入缓慢的嫌气分解状态，则更有利于腐殖质的形成，同时可抑制反硝化细菌的活动。此时产生的氨将被有机酸中和不致挥发丢失，其他矿物元素，也能保存在简单的有机质中而不致迅速流失，因此在堆肥的制造过程中，有效地控制前期的好气性分解和后期的嫌气性分解，不仅能贮存堆肥的养料，而且也不致耗损太多的重量。

至于厩肥的腐熟过程，基本上与堆肥相同，由于人畜粪尿已经过了人畜消化道中细菌强烈的分解，基本处于半腐解状态，主要是在腐熟的后期，由于 C/N 小（约为 16—20），因而易于造成氮素的丢失。所以适当地控制其好气—嫌气阶段是一个重要问题。例如好气性厩肥在堆积 50 天后其全氮量可丢失 30%，而嫌气性厩肥则只损失 3.5%。因而严格的控制嫌气阶段，在厩肥贮藏上，具有着重要的技术意义。

除好气性热堆法制造堆肥外，也可利用微生物的嫌气分解作用制造堆肥；此即一般统称的“溷肥”，即在水分饱和、排除空气的情况下，经微生物的嫌气分解作用，使植物茎叶等植物性物质腐解变为腐熟的堆肥。嫌气性制造堆肥，在我国长江流域及长江流域以南极为普遍，如江苏的草塘泥、湖南的沓肥、湖北的沓肥等都是嫌气性制造堆肥的范例。在嫌气性的分解过程中形成各种有机酸，气体中除二氧化碳外，还有氢、甲烷等可燃气气体。随着“沼气化”的发展，在嫌气状态下制造堆肥将更有着重要的经济意义。

### 三、堆肥中微生物学过程的控制

堆肥腐熟的整个过程，是一系列微生物活动的结

果，因而控制其微生物活动的强度，在加速堆肥腐解和提高堆肥质量上都有着重要的实践意义。

保证堆肥初期温度的不断升高，是加速堆肥腐解的先决条件。由于堆肥初期温度的升高，大部分是迅速分解水溶性有机物质的微生物种类的活动，故在适当配合各种原料比例（如 C/N、C/P）的同时，适量的加入一些富含水溶性有机物质如幼嫩植株或牲畜粪尿等，都可刺激这阶段微生物的活动。将堆制材料碎裂并用水浸透，都可加速植物组织成分中的水溶性物质的溶解。此外，由于温度的上升实质上是微生物大量繁殖进行旺盛呼吸作用的结果，故堆肥中的通气和水分等都有重要的影响。如上述水溶性有机质的增加、水分充分、通气良好等条件都有利于微生物活动，从而使堆肥温度迅速上升。

在堆肥进入高温阶段后，由于温度过高也不利于有机质的快速分解，因而维持恒定的适当的高温是一个重要问题。在堆肥温度高于 60℃ 时，适当加水并堵塞一部分通气孔道，减少空气进入堆肥的数量，在维持堆肥恒定温度上有一定作用。如果温度下降到 50℃ 以下时，可适当将堆肥反转混合后再进行封闭，此时由于重新调剂了微生物的养分，堆肥的温度将有所升高。一般情况下，维持较长的高温阶段，有利于纤维素的分解，同时更可杀灭一部分病原菌和寄生虫卵等，有益于植物保健。

在堆肥进入降温阶段后，此时堆肥内仍进行着较为缓慢的腐解过程；但是由于在高温阶段中，高温对中温性微生物的活动有抑制甚至杀害作用，温度降低，即使中温性微生物的活动渐趋活跃，但为了有效地加速这些微生物的活动范围和强度，此时如将堆肥再适当反转，则可进一步调节已有的中温性微生物的均匀分布；同时再适量加入粪尿或其他含磷物质，则更可促进堆肥的后期腐解。

我国劳动人民，在农业生产实践中，有着丰富的积肥造肥经验，如利用腐熟的老堆肥进行接种，和“反堆”“倒坑”等，都是加速堆肥腐熟的宝贵经验；在党的总路线鼓舞和农业“八字宪法”的光辉照耀下，在冬季轰轰烈烈的积肥造肥运动中，深入实际，调查研究，将会在堆肥、厩肥制造上总结出更好的接种方法，及控制其微生物学过程的技术措施，来提高和改善农家肥料的质量和制造。

