

File No. 28

菌肥之类的微生物资材是肥料吗？

土壤中生活着多种多样的微生物。某些微生物作为病原菌能够直接引起植物病害，但亦有能够克制这些有害病原菌的微生物种类。还有可以固定大气中的氮的固氮菌和被称作 AM 菌根菌之类的可以辅助植物根有效地吸收土壤中的养分（特别是磷养分）和水分的有益菌。但土壤中绝大多数的微生物只是分解有机物为能源和食物来进行生存增殖，不会给植物带来不良影响的中性菌。

市场上流通的所谓微生物资材就是人工将被认为是有助于植物生育的某些微生物种群用培养基进行培养增殖后，添加增量剂和吸附剂等稀释分散菌落和保持微生物的活性，再通过接种在种子上播种或像肥料那样施用到土壤里，以达到增加土壤中有益菌的种类和数量，改善土壤生物相，促进农作物生长为目的的微生物材料。

在日本，微生物资材按照其作用机能和效果可分为以下 4 大类。

- ① 具有固氮作用的微生物资材。
- ② 可以有效地吸收土壤中的养分和水分供应给作物的微生物资材。
- ③ 促进土壤有机物的分解，给作物提供养分的微生物资材。
- ④ 改善土壤生物相，有益于造土养地的微生物资材。

现在，市面上流通着相当多种类的微生物资材，其中部分微生物资材还使用菌肥的名义，竭力宣传具有与通常肥料相当或更好的肥效，给农民带来了迷惑。微生物资材是否具有肥料效果，能否取代肥料？本文就对这一疑问进行验证。

一、具有固氮作用的微生物资材

根瘤菌是具有固氮作用的微生物代表。根瘤菌是一类寄生在大豆，花生等豆科植物的根上形成根瘤的土壤细菌。根瘤菌在利用寄主植物的光合作用合成的碳水化合物为养分进行繁殖的同时，可以将大气中的氮气还原成氨来供应给寄主。因此，根瘤菌与寄主植物是一种典型的共生关系。

根瘤菌属于细菌，其种类很多，主要分布在 *Rhizobium* 属，*Bradyrhizobium* 属，*Sinorhizobium* 属，*Mesorhizobium* 属等细菌中，并不是单一的菌。图 1 是寄生在大豆根上的根瘤，图 2 是根瘤内部的光学显微镜相片。

通常，即使没有豆科植物可以寄生，土壤里也自然生息着多种根瘤菌。值得注意的是，即使都属于豆科植物，但作物种类不同，所寄生的根瘤菌种类也有所不同。例如寄生在大豆上的根瘤菌与寄生在花生上的根瘤菌是完全不同种类的。这是因为豆科植物与根瘤菌的共生关系受到严密的选择机制所控制，豆科植物会从多数的根瘤菌中选择最适合自身的种类。豆科植物与根瘤菌的共生选择机制是根瘤菌会分泌出一些属于短链低聚糖的脂质几丁寡糖，称为结瘤因子（Nod factor）。根瘤菌种类不同，分泌出的结瘤因子也有不同。豆科植物则根据根瘤菌分泌的结瘤因子的亲和性来选择合适的根瘤菌，允许其寄生在自身的根上形成根瘤。

数 10 年前，日本流行过在栽培大豆和花生时，预先将固氮能力强的根瘤菌接种在大豆种子或花生种子上再播种的方式。现在基本上没有农民采用这种接种根瘤菌的方式。其原因是

外来的根瘤菌难以胜过原来就生息在耕地里的固有根瘤菌，接种成本与增收效果的性价比不高。这是因为根瘤的形成受到根圈内各种根瘤菌增殖速度的竞争（根瘤菌增殖速度与土壤种类，pH，地温等土壤理化性质有关），根瘤形成速度的竞争（先生成的根瘤会抑制近旁的其他不同种类的根瘤菌形成根瘤。根瘤形成速度越快，抑制其他种类根瘤菌的能力就越强）等各种条件的支配，自然生存的固有根瘤菌已经适应了其生存的土壤环境，要比外来的根瘤菌有生存优势，在竞争上占上风。另外，同一块耕地数年栽培同样的豆科作物的话，适合于该豆科作物的根瘤菌大多已经成为固有根瘤菌，广泛分布在该耕地里，完全不需要预先在播种前进行接种。



图 1. 大豆根上形成的根瘤



图 2. 大豆根瘤的内部结构（光学显微镜相片）

在豆科作物生长初期，与根共存的根瘤菌少，形成的根瘤数量不多，不能满足作物的氮养分需求，必须施足含有氮养分的基肥，否则会造成幼苗生育不良。现在广泛栽培的高产大豆品种需要更多的氮养分，只是依靠根瘤菌固氮完全不能满足作物的氮养分需求，不施用氮肥的话，达不到高产多收的目的。另外，根瘤菌只能固氮，不能供给磷和钾，同样需要大量施用磷肥和钾肥。因此，即使是使用了根瘤菌之类的固氮微生物资材也不能减少氮磷钾的施肥量，代替不了肥料的作用。

二，能够加速溶解土壤中难溶性养分供应给作物吸收利用的微生物资材

土壤中的植物与微生物的关系除了上述的豆科植物的根瘤共生关系外，更普遍的是「菌根共生关系」。菌根共生关系是指真菌类微生物的菌丝侵入到根细胞内形成树枝状体或囊状体，与根外的菌丝相连结，根外菌丝则围绕着根大量增殖和形成孢子。根据这类菌根共生的构造上的特征，曾被统称为 VA 菌根菌 (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza)，现在则多称之为 AM 菌根菌 (Arbuscular Mycorrhiza)。图 3 是 AM 菌根菌的模式图，图 4 是 AM 菌根菌的光学显微镜相片。

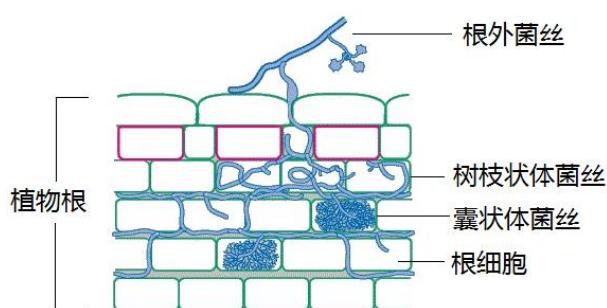


图 3. AM 菌根菌与植物根的共生关系模式图

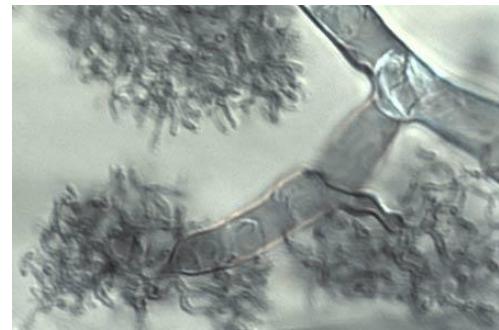


图 4. AM 菌根菌的光学显微镜相片

引起菌根共生现象的微生物是属于球囊菌門(Glomeromycota)的约 150 种特殊的内生菌。这些内生菌可以与 80%以上的陆地植物种类发生共生关系。与根瘤菌不同，内生菌不能单独进行培养，而且基本上不选择寄主，寄主也不能选择共生菌的种类。除了内生菌之外，还有少数类似松茸之类的外生菌也会与植物产生共生关系。

与植物共生的 AM 菌根菌从植物获得光合作用合成的碳水化合物作为生育繁殖的能源，根外菌丝分泌释放出酸性物质可以溶解土壤中的难溶性磷，钾和微量元素等。这些被溶解后的养分可以被植物根直接吸收外，AM 菌根菌的根外菌丝吸收的养分还可以通过侵入到植物根细胞内的菌丝供给寄主植物。植物与 AM 菌根菌形成共生关系后，耐旱性和耐瘠性增强，即使是缺乏可溶性养分的贫瘠土地也能够有效地吸收养分来供应生长需求。在日本，肥料管理法律的政令指定 AM 菌根菌为土壤改良资材。

现在日本国内有 10 数家公司将 AM 菌根菌的孢子商品化在市场上进行销售。使用方法是将含有 AM 菌根菌孢子的产品撒到培养土混合后用于育苗，或将含有 AM 菌根菌孢子的产品用土稀释后撒到苗穴再进行移植。通常，混入到土壤里的 AM 菌根菌孢子约在 10~15 天后开始发芽，3~4 星期后就可以侵入寄主的根细胞和形成多数的根外菌丝，出现共生现象。但是，AM 菌根菌既不含养分，也不会固氮，只不过是有助于溶解土壤中的难溶性养分供寄主吸收而已。因此，AM 菌根菌之类的微生物资材只能是对作物的养分吸收有一定的辅助作用，不能代替肥料。

三、促进土壤有机物分解，释放出养分供给作物吸收利用的微生物资材

动植物遗骸和排泄物含有的氮磷钾等养分大部分是以有机态化合物的状态存在，不能直接被植物吸收利用。这些有机态养分需要受到微生物分解，变成了无机物的离子状态后才能被植物吸收利用。

生息在土壤中的微生物绝大部分都是以有机物为食物，从分解有机物的过程中获得生存和增殖所需的能量和养分。因此，施用有机物到土壤里，可以促进微生物的增殖。微生物一边分解有机物一边通过增殖将分解释放出的养分构成新的个体或增大自身。在微生物死亡后再分解释放出养分供给植物吸收利用。

土壤中的有机物分解是在微生物的参与下，经过物理性毁坏和化学性分解的复合过程而最

终变成无机物。只要有微生物存在，土壤有机物的分解就是一件自然发生的现象。有机物的分解速度受到有机物的组成，土壤结构和通气性，土壤温度，土壤水分，土壤生物种类和活性等因素支配。其中土壤生物不仅是指细菌，真菌，藻类以及原生动物等微生物，也包括了生息在土壤中昆虫，蚯蚓，甚至还可以包括鼹鼠，田鼠等啮齿类小动物。通常，有机物被投放到土壤后，适于分解该类有机物组成的微生物会急速增殖占据土壤微生物相的主流，而不适于分解该类有机物的微生物则增势缓慢或无动于衷。另外，土壤不同，微生物相也会有较大的差异。能够适合自己所在的土壤理化性质的种类会得到增殖，而不适应所在土壤理化性质的种类则会衰减。人工添加的外来微生物难以对抗固有的微生物种类。

要使土壤生物相保持良好状态，就需要土壤中的有机质含量保持在一个相对恒定的范围内。从外部投入可以强力快速地分解土壤有机物的微生物种类，会导致土壤有机物的分解快于土壤有机物的积储，减少土壤有机质的含量，使得土壤逐渐劣化，无疑是竭泽而渔，杀鸡取卵的愚蠢方法。

另一方面，将食物残渣和剪伐下的树枝杂草等为原料进行堆肥时，外部添加放线菌，藻类，细菌，酵母等微生物来加速有机物的分解是很有效的方法。这是因为食物残渣和剪伐的树枝杂草等不一定带有适合分解这些有机物的微生物，若让其自然分解的话，需要相当长的时间。但是，必须认识到微生物在有机物的分解过程中起着很重要的作用，但微生物是靠分解有机物来获得能量和养分来进行生存和增殖，微生物死亡后分解放出的养分原本就是来自有机物的。所以微生物自身不另外供应肥料养分，只是分解者，不能代替肥料。因此，根据日本肥料管理法律，具有促进土壤有机物的分解，加速释放出养分的微生物资材不仅不能获得肥料登记，甚至连土壤改良资材的指定资格都没有。

四，改善土壤生物相，改良土壤环境的微生物资材

这类微生物资材是标榜可以增加某些有益的土壤微生物，改善土壤生物相而达到改良土壤理化性质为目的的资材。大都是宣传通过投放某些有益的土壤微生物或某些具有特定拮抗作用的微生物种类，来抑制有害微生物的增殖，形成良好的土壤微生物相，具有回避连作障碍，促进农作物生长和改良土壤环境等效果。

这类微生物资材大多数是由人工培养的酵母菌和乳酸菌，放线菌之类的食用菌或具有杀菌杀虫效果的微生物构成的。多数资材的含有的微生物种类只是抽象的大分类记载，没有微生物的具体学名，甚至连微生物的种类都不标记，只是笼统地记载了微生物数量。这类微生物基本上没有经过严格的科学考证和实验证明，所以根据日本肥料管理法律，这类微生物资材连土壤改良资材的认定资格都没有。

土壤微生物相是受到土壤的理化性质，特别是土壤 pH，土壤结构，含水量，土壤有机物含量等的影响，各种微生物不断反复地经历了增殖或死亡的考验，最终形成了适合其生息的土壤理化性质的一种相对稳定的状态。土壤的理化性质没有改变的话，土壤微生物相难以出现变化。外部投入的微生物在与固有微生物的生存竞争中获得胜利，得到增殖的机会是非常困难的。这类微生物亦不能产生出作物生长所需的养分，当然不能代替肥料来供给作物养分。

若是需要「造土养地」，以达到改良土壤之目的的最有效手段是施加有机物和其他土壤改良资材，而不是施用所谓菌肥之类的微生物资材。若土壤含有丰富的有机物，可以让土壤微生物得到足够的食料，使其大量增殖，使得土壤微生物多样化而达到改善土壤微生物相的目的。土壤微生物的多样化，可以强化微生物之间的相互作用（例如静菌作用和拮抗作用等），提高微生物的缓冲性能，创造出一个适合作物根系生长发展的土壤环境。外部投入的有机物中所含有的养分还可以通过微生物的分解而缓慢地释放出来供应作物的吸收利用。

另外还有一类被称为微生物农药的具有杀菌杀虫效果的微生物。主要由可以使害虫发病的病原菌或产生毒性物质的微生物，或可以分泌出抗菌物质来杀死其他病原菌的微生物所组成。这类微生物作为生物防除资材，是属于农药领域的，当然不是肥料，也不可能代替肥料。

综上所述，包括所谓的菌肥在内的微生物资材不含有肥料养分，也不能取代肥料给农作物供给足够的养分，所以并不属于肥料。