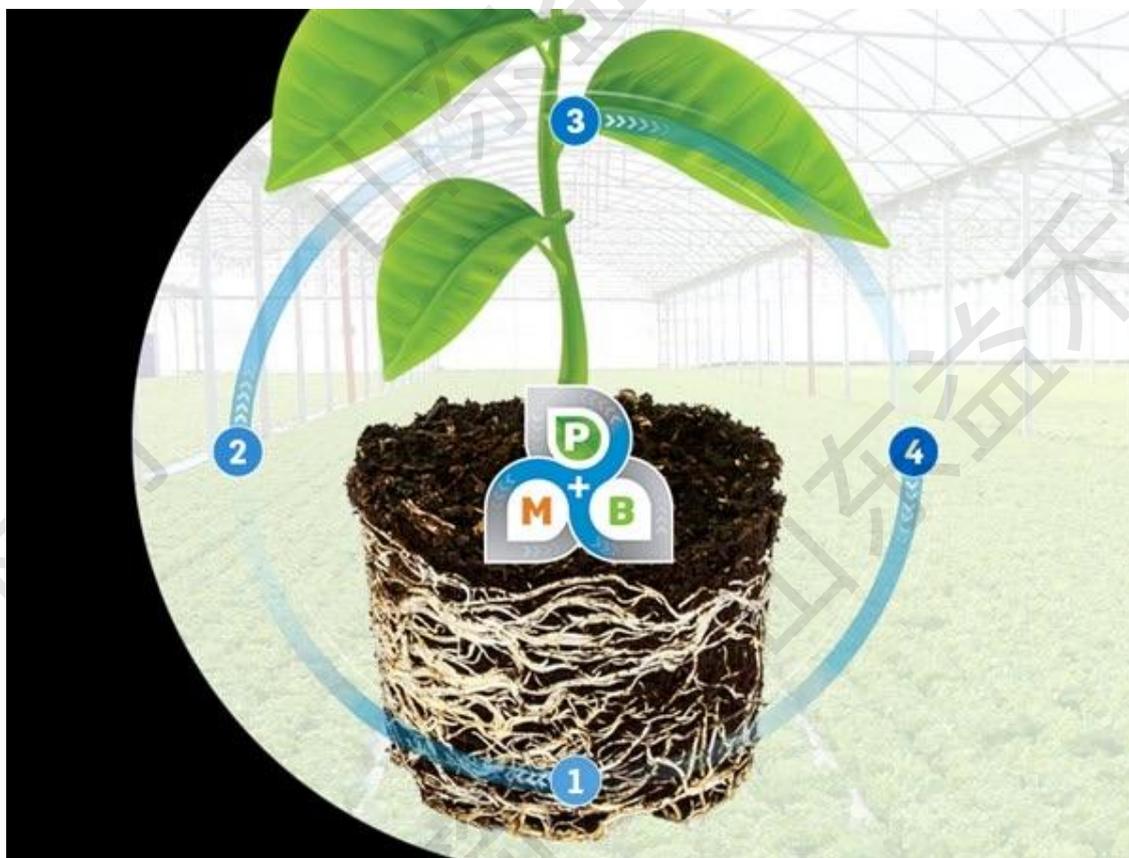


多重接种与微生物肥料之间的相互作用

将多种真菌和/或细菌引入或接种到目标植物的独特操作，称为多重接种。对农业实践来说，根际是一个挑战性的环境。植物的根和它们的碳水化合物控制着毗邻根的土壤基质中的真菌和细菌的动态。这种寄主-植物和根-微生物相互作用部分解释了接种程序的“种间特异”反应。根际环境的复杂性被进一步强调-通过在不同真菌和细菌之间各种可能的相互作用-它们竞争资源、通过根际环境的修正促进了存在和发生。尽管只很少的理解，根部病害在被根际相关真菌和细菌的抑制方面的例子很可能部分是竞争性排斥的结果。在根区环境中其他微生物得到促进也是可能的。有报告称，细菌可粘附于土壤中、根表面或常与菌根植物根际相关那些真菌菌丝的细胞内外。尽管菌根真菌是专性地活体营养，但有机质促进了体外菌丝的生长-表明这是一个细菌在有机物上活动的结果。某些细菌属，如芽孢杆菌能促进菌根菌的定植，经常会在菌根植物的根际被分离出来。这些细菌也提供了一个作物产量和植物生长促进的效果 Bonfante 强调，细菌和 AM 真菌的联合可能促进了植物营养的吸收和营养从 AM 到植物的运输。



很明显，已经有证据表明，细菌影响菌根菌和真菌在根上的定植。相同地，细菌及其活力的增加受到根际真菌及其分泌物的影响。Meyer 列举了细菌并调查了它们在菌根和非菌根植物上的群落结构。他们观察到，在可培养细菌的总数量上没有什么不同，但注意到特殊的细菌更频繁地出现在菌根根际。相反地，Giese 报告称在根际和非根际土之间细节群落结构上有很大差别，但是发现，在菌根与非菌根植物之间只有少数细菌类群呈现出不同。更有趣的是，他样发现，类芽孢杆菌几乎专性地联系—不仅与菌根植物的根际，而且也与 AM 真菌根内球囊霉的菌丝。根据该研究的信息，细菌是生活在菌丝的近临，还是菌丝表面，还是菌丝内仍然还不清楚。不管哪一个例子，在细菌和真菌之间有亲密关系的可能性是存在的。有进一步的例子表明，植物根的真菌共生刺激了细菌活性。联合接种 AM 真菌和弗兰克菌刺激了氮的固定和 AM 菌的发育。联合接种 AM 菌、根瘤菌和溶磷菌苜蓿草的氮与磷的获得都增加了。从以上提到的例子中可以描绘出一个结论：真菌和细菌之间有各种各样的抑制和促进作用，一旦它们真菌与细菌之间的兼容性被证实，它们就有可能被用于微生物肥料。

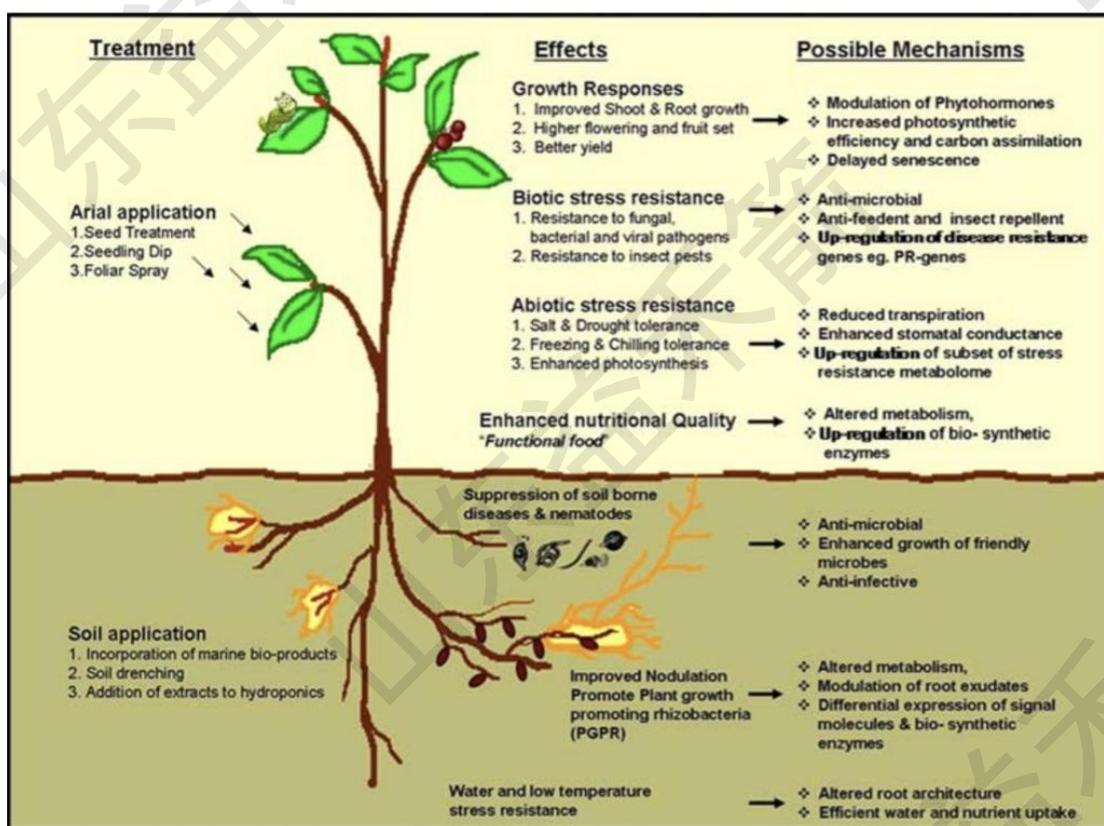
微生物之间的兼容性和相互作用还很少被理解。不同的种类的真菌有不同细菌的联合是可能的。Andrade 报告称，在根际环境中细菌的种群是不同的，这依赖于用做接种物的 AM 真菌的菌株或种类。类似的结果也可能在外生菌根系统中 (EM)，因为已有报告称，众多不同细菌与各种各样的外生菌根菌的结构相联系。另外，Danell 报告了假单胞菌与菌根真菌之间的联盟。

相似的相互作用也发生在细菌之间。例如，我们简单列举了几个提供细菌之间相互促进作用的实践系统。在一个豆科栽培系统中荧光假单胞菌提高了日本槭的结瘤和固氮活性。Zhang 发现在根区次优的温度下，某些属于沙雷氏菌属和气单胞菌属的 PGPR 能够提高大豆的结瘤和固氮。Bashan 评估了几个固氮螺旋菌、根瘤菌、固氮菌、节杆菌、肠杆菌联合接种的例子。基于叶杆菌属固氮菌和地衣杆菌溶磷菌在红树林上联合接种的研究，Rojas 提出当评价这些细菌的生长促进效应时，必须考虑不同根际细菌之间的相互作用。

一个有趣的新应用是“人造”联合体的引入。除了结合刺激作用的细菌和真菌外，微生物的创新性应用可以允许微生物共生扩展到通常的寄主范围之外。Koval 揭示，用非生物制剂（类生长素生长促进物质），或微球菌属、红球菌属

细菌处理油菜植物，导致了类根瘤的形成。随后类根瘤被固氮菌和芽孢杆菌定植。作为类根瘤和固氮的结果，油菜的 N 和蛋白质含量都提高了。

这些例子强烈的提示，在根关联真菌、根际细菌与寄主植物之间存在一个复杂相互作用网的可能性。由各种细菌和真菌提供给植物生长和作物产量的许多好处，可能为开发新的生物活性肥料打开了一个林荫大道！生长-和产量-促进细菌和真菌的结合，以及来自于接种的促进定植和植物相关好处的生物结合，都值得进一步研究。例如，接种体的生产-将整合类芽孢杆菌和 AM 真菌的生长促进和病害抑制效应-为了创造出证明在农业生产系统中是出众的一个产品，这很可能是



合理的第一步。来自于这种接种物的附加好处有可能也是 AM 菌定植和殖民被类芽孢杆菌所促进。EM 真菌和它们的辅助细菌很可能提供新的接种物组合-其好处与 AM 真菌-细菌系统类似。