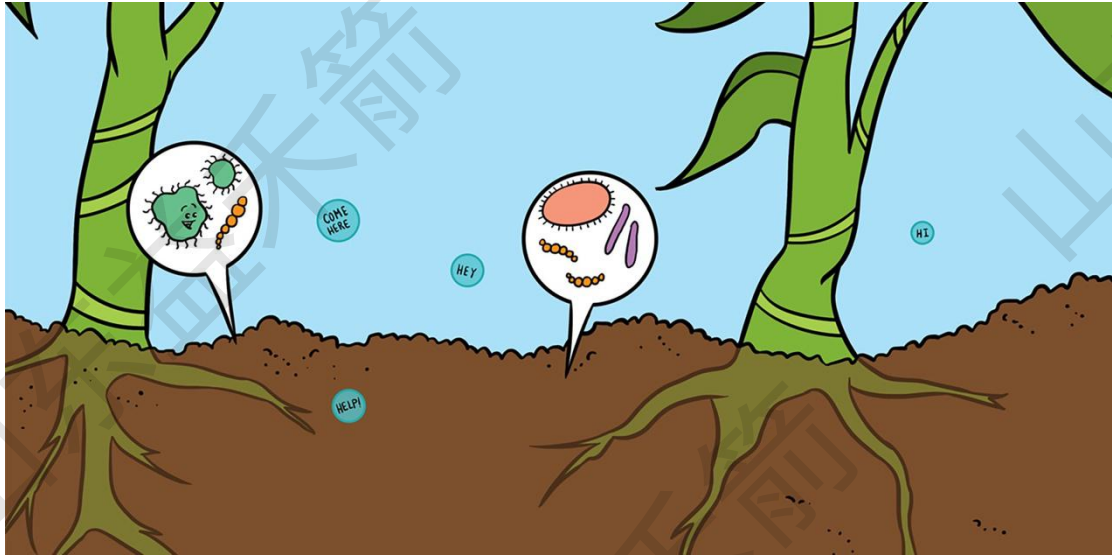


神秘的地下通讯世界

益禾箭生物技术公司编译组



神秘的地下通讯世界

如果你是土壤中的微生物，你会如何对你的邻居说些什么？嗯，在地下说英语、法语或意大利语对你没有任何好处。相反，你将不得不使用分子作为单词！像细菌和真菌这样的土壤微生物通过产生不同种类的分子彼此交流，并与其他生物(如动物或植物)交流。许多生物体用这些分子作为化学单词。这些分子可以是挥发性分子，这意味着它们就像气体一样，就像空气一样。它们可以很容易地穿过土壤中的小气袋，也可以飞得很远，这就像远距离通信。其他的分子是可溶的，所以它们可以溶解在水里，使彼此接近的生物之间可以交流。接收到这种信息的生物体可以以不同的方式做出反应，比如加快生长速度或产生其他分子做出反应。在这篇文章中，我们将探索令人兴奋和神秘的地下化学通讯世界，以及它在微生物和植物之间发生的相互交流中的作用。

化学通讯：

在两个或两个以上不同的有机体(植物、动物和微生物)之间通过分子进行的通讯。

土壤中的生命

土壤是地球上最迷人和最复杂的生态系统之一。它不仅是植物生长的地球表面，也是一个壮观而隐蔽的世界，生活着多种生物。土壤是由不规则的岩石碎片、小气孔和有机物(死去的植物和动物)组成的。这里的环境是微生物、昆虫和植物生存的好地方。你能相信土壤里充满了生命吗？根据土壤的特性(岩石的大小、食物的种类、水量等)，不同的生物可以在其中生活。这些不同的生物体建立了一个特定的群落，这是一个独特的由生活在一起的生物组成的群体。

你知道什么是土壤微生物吗？它们是附着在土壤颗粒或其他生物上的非常微小的有机体。有些真菌的形状类似于非常细的根，这样它们就可以与周围的真菌接触并交换信息。还有细菌，这是一种由单个细胞组成的有机体，你通常只能用显微镜才能看到。如果这些微生物生活在根际(植物根周围的土壤部分)，它们被称为根际微生物。它们也可以生活在根表面或根的[1]内部。在根际，你可以发现有益(好的)微生物，帮助植物生存和生长，或有害(坏的)微生物，攻击植物并使它们生病。

土壤微生物和植物是如何交流的？

特别令人兴奋的是，土壤微生物之间以及与其他有机体(包括植物和动物)沟通的能力。许多科学家已经研究了微生物和植物之间的通讯。这种交流是基于作

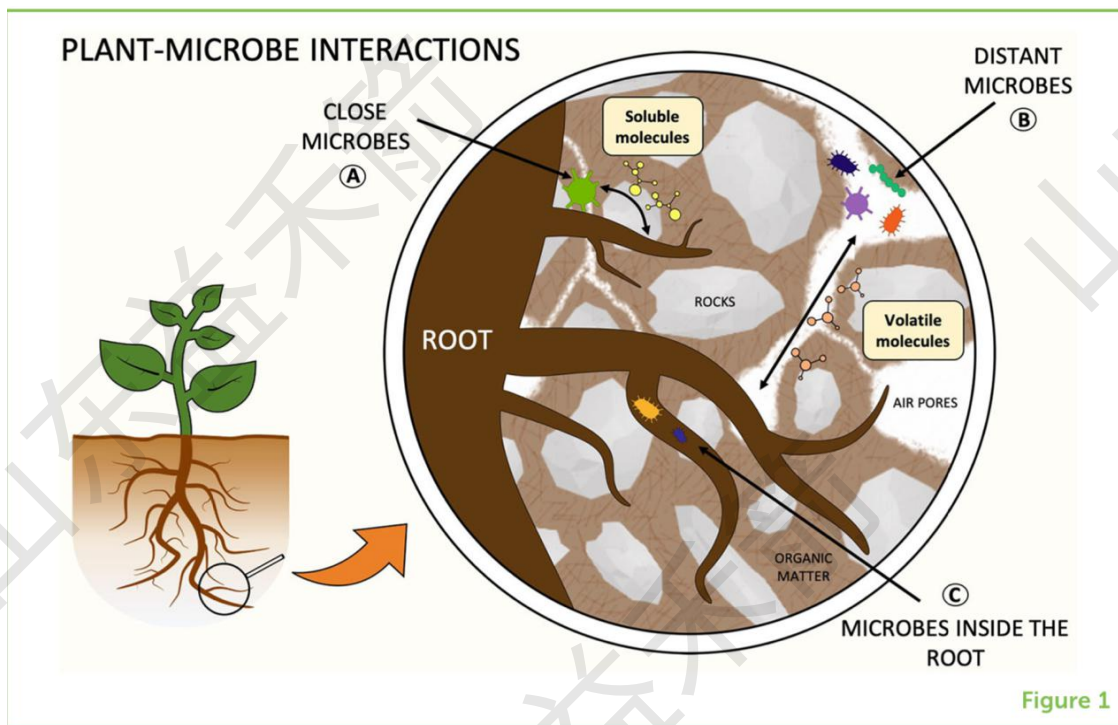


图 1:根际植物与微生物的相互作用。图中显示了三种类型的相互作用:(A)植物与生活在根表面或根附近的微生物在可溶性分子的帮助下相互作用;(B)在挥发性分子的帮助下,远离根部的植物和微生物之间的相互作用;(C)与生活在根内,直接与根细胞接触的微生物的相互作用。这些相互作用发生在土壤中,而土壤是由岩石、气孔和有机质组成的。

为词汇的化学分子的使用,也被称为化学交流。你可以把分子想象成一组相互连接的小球(我们称之为原子)。这些原子是重要的化学成分,如碳(C)、氢(H)、氧(O)和氮(N),它们像拼图一样结合在一起形成水(H₂O)或二氧化碳(CO₂)这样的分子。原子的特定组合产生具有不同性质的分子。

土壤微生物可以产生多种分子,主要分为两大类:可溶性分子和挥发性分子。可溶性分子溶解在水中,就像茶叶中的方糖,它们可以被土壤中的水运输。它们被用来与生长在微生物附近的植物对话。不稳定的分子,也称为挥发性有机化合物(VOCs),用于远距离通信(图 1)。这些挥发性化合物是气体,很容易通过土壤

的气孔传播。植物的根可以闻到这些气体，就像你的鼻子可以闻到花朵或新鲜出炉的面包一样。化学通讯并非只在一个方向上发生(从微生物到植物)，是在两个方向上-植物也产生微生物可以理解的分子。

通讯分子的影响是什么？

这里有一些例子，当微生物和植物开始相互交流时，它们之间发生了什么。

植物和微生物互相帮助获取食物

许多土壤微生物可以帮助植物生长，因为微生物使植物更容易获得必要的养分。例如，一种叫做根瘤菌的细菌可以将空气中的氮(N_2)转化为另一种分子：氨

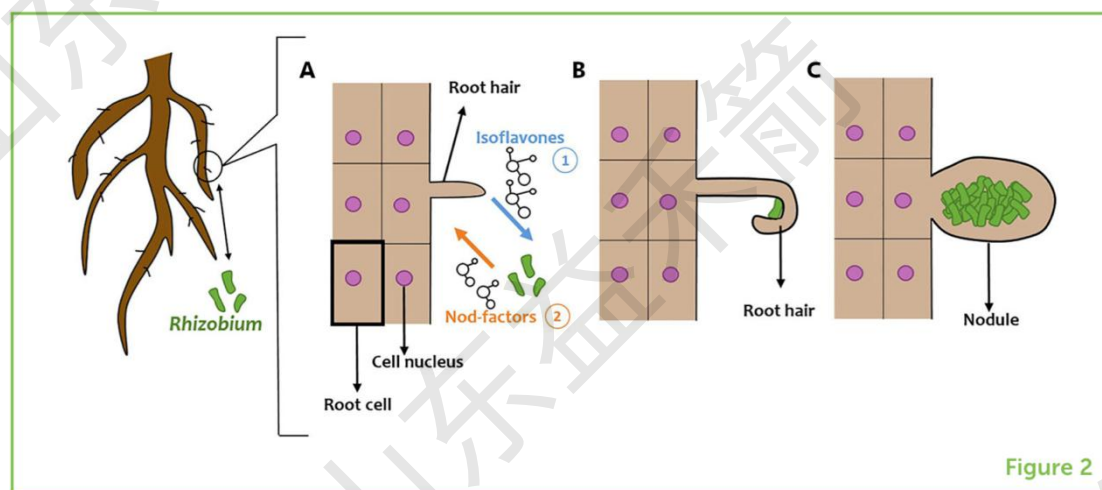


图 2：植物-根瘤菌互作对根系结构的影响。(A) 正常的根结构和化学通讯的开始。首先，植物产生异黄酮(1)，然后根瘤菌做出反应，产生 nod 因子(2)。(B) 根瘤菌走向根部，粘附在根毛上，根毛随后改变形状，抱住细菌，这样细菌就可以进入根部。(C) 根瘤的形成，这是细菌繁殖和糖与氮交易的空间。

(NH_3)。这种转化被称为固氮，它发生在土壤中。固氮对植物非常重要，因为它们需要氮才能生长，而它们只能从土壤中获取 NH_3 。通过将 N_2 转化为 NH_3 ，根瘤菌帮助植物生长，使它们更强壮！

更有趣的是，根瘤菌可以与一群特定的植物对话，包括豆类和豌豆。但是这种对话是如何运作的呢？首先，植物向根际释放一种叫做异黄酮的分子，吸引根瘤菌。细菌听到植物谈话，并向它走去。在通往植物的过程中，根瘤菌开始产生

其他分子，称为 nod 因子，这些分子会告诉植物，快点在根瘤菌可以生存的根部准备一个叫做根瘤的空间。作为交换，植物给根瘤菌提供了一个生存的地方和食物(糖)，根瘤菌给植物提供了大量的 NH_3 (图 2)。因此，允许根瘤菌生存的植物生长得更快。对于植物和根瘤菌来说，生活在一起是一种优势，因为这两种微生物比单独生活时有更多的食物可吃，因此它们都能生长的更好[2]。

微生物可以保护植物免受病原体和害虫的侵害

生物因子是环境中的有生命的一部分，如植物、动物和微生物(图 3)。生物胁迫是生物体感受到的外界生物压力，如植物被生物因子损害，像坏的微生物被称为病原菌，像坏的昆虫被称为害虫。好的微生物可以通过两种方式帮助植物对抗病原体和害虫。首先，微生物可以赶走或杀死病原体/害虫。例如，一些有益微生物产生的挥发性有机化合物可以阻止病原体的生长或害虫对植物的攻击。好的微生物帮助植物对抗病原体的第二种方法是通过告诉植物做好战斗准备，来增强防御能力。也许你的妈妈在冬天会告诉你多吃橙子，因为它们含有一种重要的分子—维生素 C，能够增强你的免疫系统，保护你远离疾病。这一机制对微生物和植物也是一样的！例如，荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)产生的分子使植物能够更好地抵抗来自病原菌的攻击[3]。

微生物可以帮助植物在困难地区生存

非生物因子是环境中没有生命的一部分，包括阳光、温度和水(图 3)。非生物胁迫是这些因子对一个生物体的负面影响。削弱植物的非生物胁迫的例子是低水分利用率和盐分。好的微生物可以帮助植物在生存条件恶劣的困难地区生存，例如，假单胞菌 06[4]可以帮助某些植物在没有足够水的时候生存下来。其他微生物，如枯草芽孢杆菌，通过减少进入植物根部[5]的盐分，帮助植物在盐分浓度高的土壤中生存[5]。

为什么理解化学通信很重要

微生物和其他生物体之间的化学通讯在数百万年前就开始共同进化了。4.5 亿年前，植物从海洋迁移出来，开始在陆地上生存。科学家认为，土壤真菌首先帮助植物迁移到陆地上。真菌帮助植物利用重要的营养物质，这样植物才能[6]存活下来。因此，数百万年来，土壤生物之间的化学交流对植物的健康和生长至

关重要。在这篇文章中，我们解释了植物与微生物的相互作用是如何给植物提供更多的食物，或者帮助植物对抗病原体，或者帮助植物在困难的地区生存。

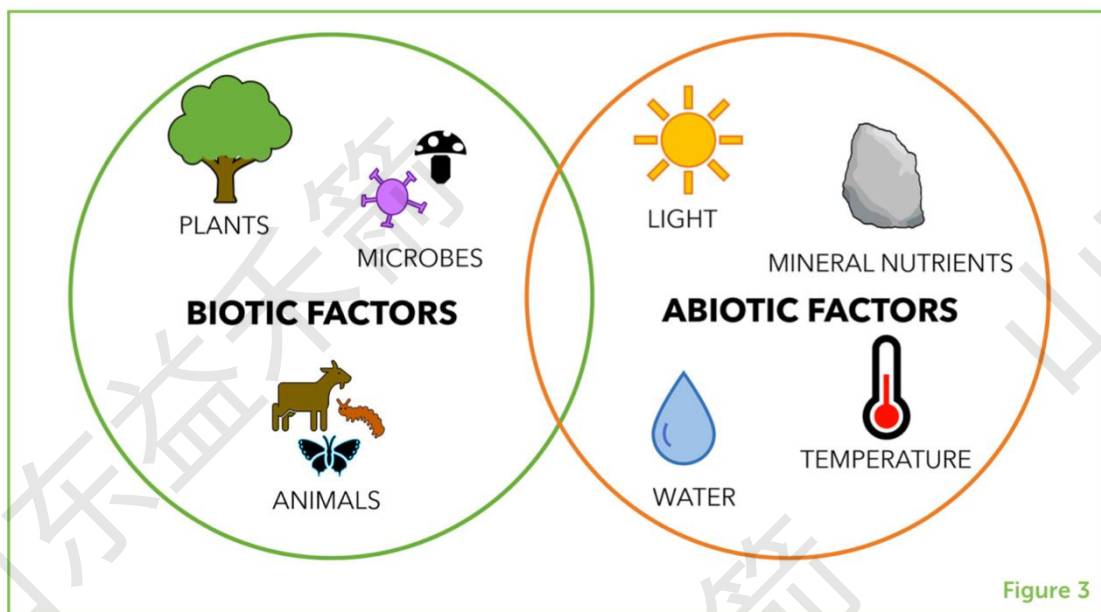


图 3: 环境中相互作用的重要生物因素和非生物因素。它们对植物生长有影响，它们可以影响植物和土壤中微生物之间的化学通讯。《Mushroom icon》来自 FlatIcon.com。

不幸的是，这些相互作用处于危险之中！农业中抗生素、杀虫剂和化肥的大量使用会改变土壤，同时也会改变土壤群落，导致一些土壤生物死亡，另一些土壤生物生长。微生物群落的变化会对植物产生可怕的影响，例如，生长的微生物可能是

人类人口仍在增长，由于人类需要食物来生存，必须找到新的方法来增加植物生长和粮食生产。微生物被越来越多地用作改善植物生长和粮食生产的天然帮手。研究微生物-植物间的交流对于了解哪些微生物可以用来帮助植物生长是必要的。我们必须密切注意选择正确的微生物！例如，你可以认为使用镰刀菌是个好主意，因为它有助于某些植物在含盐量高的困难地区生长。然而，镰刀菌是一种不利于玉米生长的病菌！由于这些原因，研究人员希望尽可能多地了解化学通讯，增加我们对土壤生态系统的知识，了解这些生态系统中有机体是如何相互作用的，并帮助我们利用植物-微生物的相互作用来促进植物生长，同时保护土壤生态系统。