

潜藏地下的植物菌根网络中 非宿主植物怎么“入群聊”

◎本报记者 赵汉斌

在植物的根、茎、叶、花和果实各个部位,都生活着大量高度多样化的细菌、真菌、古菌和原生生物等,它们在植物的生长发育、养分吸收、生物及非生物胁迫抗性等方面发挥着重要作用,与宿主植物形成一个“共生总体”,彼此相互作用、共同进化。

90%以上陆生植物可与真菌形成菌根关

系。在农林生态系统中常见的类型是从根和外生菌根,但同时,仍有约10%的非菌根植物。传统研究认为,菌根网络在使得菌根植物比非菌根植物具有更强竞争力和环境适应能力,而非宿主植物不菌根网络。

在近期出版的英文期刊《植物多样性》、中国科学院昆明植物研究所(以下简称中科院植物研究所)的研究人员提出非宿主植物参根网络的新观点,引发了广泛关注。

物根系通过地下菌根菌丝相连后,就形成了菌根网络。通过菌根网络,不同植物之间可以进行水分、养分转运以及病虫害信号传导和预警,从而促进植物适应复杂环境并塑造特定的植物群落。

目前菌根分为丛枝菌根、小枝菌根、外生菌根、香豆菌根、单向菌根等种类,其中,丛枝菌根和外生菌根是常见的菌根,也是农业和自然生态系统中最重要的菌根。

然而,自然界中,仍有约10%的植物为非菌根植物,如山龙眼科、藜科、十字花科大部分种类、豆科和仙人掌科小部分种类。非菌根植物以及与某一特定真菌无法形成菌根的植物,都被称为该菌根真菌的非宿主植物。

长期以来的研究认为,非宿主植物是不参与菌根网络的,而事实真的是这样吗?

的前提下可以侵染非宿主植物根系,但不形成特征性菌根结构。

“迄今为止,许多研究表明,丛枝菌根菌丝会侵染非宿主植物的根系。”于富强说,但从枝菌根入侵拟南芥等非菌根植物的根部需要从丛枝菌根宿主植物并存,这表明单独的丛枝菌根真菌菌丝可能无法定殖非宿主植物的根部。只有少数研究表明,宿主植物不是必需的,菌根菌丝侵染非宿主植物根系可能是由宿主植物驱动的。

而一些外生菌根真菌菌丝也可以在非外生菌根植物的活根上定殖,比如块菌“火烧圈”内植物根系内部能够检测到块菌菌丝。这些外生菌根真菌可能以松散的方式定殖于非外生菌根植物的根部,但不形成外生菌根结构,类似于植物根系内生菌。

“总的来说,许多研究表明,非菌根植物可以通过宿主支持的菌根菌丝连接,这是建立菌根网络的先决条件。”汪延良说,虽然没有形成典型的菌根结构,但定殖的菌根菌丝可以在非宿主植物的根部存活,并具有一定的功能。

于十字花科而言。当菌根菌丝存在时,非菌根植物“邻居”的根分枝、根毛发育和地上生物量均受



视觉中国供图

菌根通常指土壤中某些真菌与植物根的共生体。其主要作用是扩大根系吸收面积,增加对原根毛吸收范围外的氮磷等元素的吸收能力,进而提高植物养分吸收、生长和产量,而真菌又从宿主植物身上获取光合吸收的碳。

到抑制。

“实验数据直接证明,宿主支持的菌根菌丝可以穿透或定殖非宿主植物根部,而不会形成典型的菌根结构。”于富强说,非宿主植物最容易受到宿主支持的菌根真菌的不利影响,寄主的生长也受到不同程度的影响。丛枝菌根和外生菌根真菌在“宿主植物-菌根真菌-非宿主植物”三方系统中,对宿主和非宿主植物生长和养分获取有一些不同的影响。“宿主植物-菌根真菌-非宿主植物”形成的三方体系,对非宿主植物生长和营养吸收有显著抑制作用;而有趣的是,非宿主植物的存在可以显著提高黑孢块菌-冬青栎菌根苗根际块菌菌丝量,并促进冬青栎的氮吸收。

以丛枝菌根-拟南芥为模型的研究发现,菌根菌丝侵染非宿主植物根系诱导了早期的真菌-宿主识别信号机制,但后期启动防御机制。这一过程不同于致病菌和植物内生真菌侵染植物的过程,也不同于菌丝侵染宿主植物的分子应答机制。同时,菌根菌丝侵染非宿主植物根系,

现,随着生长发育幼体所含的优势虫黄藻类型也多发改变。

珊瑚礁环境海水中自由态虫黄藻的多样性很高,珊瑚幼体最初对共生藻的获取很可能是随机的。然而,特定类型的虫黄藻可以塑造珊瑚共生体的早期生长发育和对环境胁迫的响应和适应。例如,与C型虫黄藻共生的鹿角珊瑚幼体生长发育速度明显快于与D型共生的幼体,而与D型虫黄藻共生的幼体对高温耐受能力则强于与C型共生的幼体。

共生建立是珊瑚早期生命阶段的里程碑事件,自此虫黄藻开始进行光合作用并为珊瑚宿主提供额外的营养和能量供给,这对幼体生存和环境适应性尤为关键。珊瑚早期阶段有潜力根据发育过程中生理需求和环境变化筛选合适的虫黄藻类型以达到最优状态。

不同珊瑚对胁迫敏感程度不同

在气候变化尤其是海水升温 and 酸化的威胁下,珊瑚早期共生建立会受到怎样的影响?在这一过程中珊瑚幼体是否可以通过选择某些特定的虫黄藻来调节共生体的生理状态以应对和适应升温 and 酸化?不同种类珊瑚的适应潜力和策略又有何异同?

带着上述问题,中国科学院南海海洋研究所黄晖研究团队以印度—太平洋海区的两种广布型造礁石珊瑚——中间鹿角珊瑚和精巧扁脑珊

可以增强非宿主植物系统免疫。

基于以上事实,研究团队提出非宿主植物也能够参与菌根网络调控的观点,并列出了该研究方向上一些亟待回答的科学问题:菌根真菌能否通过菌丝定殖从非宿主植物中获取和或转移碳、氮和其他矿物质营养?宿主支持的菌根菌丝是否总是对非宿主植物的生长产生负面影响?对宿主植物本身的生长发育有哪些影响?“宿主植物-菌根真菌-非宿主植物”三方体系对宿主和非宿主植物生长和养分获取的影响背后的机制是什么?……

“目前,农作物间作因可以较低的投入,获得高产并抑制病虫害而备受关注。”于富强说,菌根植物谷物或豆类植物与非菌根作物油菜间作的影响值得关注。未来,禾本科谷物和十字花科作物间作,将是研究菌根介导宿主与非宿主植物相互作用的良好系统。二次离子质谱、碳氮稳定同位素、转录组、代谢组等多组学新技术的应用,将促进这个方向的研究。

新知

人工种植桃没野生桃香? 这25个基因组位点是原因

科技日报讯(记者瞿剑)据中国农业科学院(以下简称中国农科院)最新消息,该院郑州果树研究所桃资源与育种团队,通过对256份桃种质资源的香气物质分析,破译了桃高质量新基因组及果实香气遗传进化机制,为寻找浓郁“桃味”、桃风味改良奠定了基础。相关研究成果新近发表于《植物学杂志》。

团队首席、中国农科院郑州果树所研究员王力荣表示,“桃李不言、下自成蹊”,是说桃李不能言语,却能吸引来人,以至树下被踩出小路。究其原因,除了桃李有芬芳的花朵,其果实闻香、味美,也广受消费者喜爱。然而,不同品种的桃香气、味道千差万别。

团队首先结合二代、三代和Hi-C测序技术绘制了我重要地方桃品种“早上海水蜜”的高质量基因组,其组装质量显著优于已发表的基因组,为深度解析桃基因组变异规律、分子育种、优异基因发掘等提供了重要参考,阐明了香气物质含量在桃驯化中的变化规律。在此基础上,又开展了256份桃种质资源的香气物质分析,研究发现,与野生种群相比,5种主要香气物质的含量在育成品种群中降低了18.3%—90.7%,使得育成品种香气显著下降,桃味不足;利用新组装的“早上海水蜜”高质量基因组,鉴定到与果实香气物质关联的基因组位点214个,发现其中25个位点受到人工选择,导致控制香气的部分基因组位点丢失,从基因组水平上解释了桃驯化和育种中的果实香气下降的分子机制。

突破高性能金属材料发展瓶颈 有了新路径

科技日报讯(记者郝晓明)记者从中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心获悉,该中心纳米金属科学家工作室博士后徐伟、张波研究员、李秀艳研究员和卢柯院士等研究发现,受限晶体结构可显著降低铝镁合金中的高温原子扩散速率。在铝镁合金平衡熔化温度附近,受限晶体结构的表观晶间扩散速率比同成分材料的晶界扩散降低约7个数量级。相关研究结果发表在《科学》周刊上。

该发现不但揭示了受限晶体结构的一种全新原子扩散行为,而且表明金属材料的高温原子扩散速率可以利用这种新型亚稳结构得到大幅度降低,这为发展高性能高热稳定性金属材料开辟了一条全新的途径。

原子扩散是自然界的一种常见现象,也是材料制备加工过程中调控材料结构性能的一个基本过程。利用金属的高扩散速率可以在较低温度下大幅度调控金属材料的结构和性能,从而获得良好的综合性能,但高扩散速率亦会导致金属材料在高温下结构失稳,很多金属会出现优异性能丧失、强度下降等现象。

如何有效降低金属和合金中的原子扩散,提高材料结构和性能在高温下的稳定性,是发展高性能金属材料的重要技术瓶颈之一。

“提升高温合金耐热温度,其本质是为了有效降低合金中的原子扩散,以增强其结构的高温稳定性。”研究人员介绍。过去的研究表明,通过适当的合金化和减少晶界等结构缺陷,可以在一定范围内降低原子的扩散速率,但是降低幅度有限,尤其是在接近材料熔点的高温下,降低原子扩散速率十分困难。

2020年,该团队发现了一种新型亚稳结构即受限晶体结构,这为探索固态物质结构基本特征及其新性能开辟了一个全新空间。此后,研究团队利用自主研发的低温塑性变形技术,将过饱和Al-15%Mg合金薄片的晶粒尺寸细化至10纳米以下,并成功获得受限晶体结构。利用该结构,他们系统研究了该合金在升温过程中的三种原子扩散控制的结构演化过程。

研究表明,在接近合金熔点的高温下,受限晶体结构可以有效抑制这三种结构演化过程,甚至使合金的熔化温度比平衡熔点提升了69K,表现出超低的原子扩散速率。

“幽灵”双曲极化激元被证明 极化激元模式分类有新说

科技日报讯(记者刘志伟 吴隽新 通讯员冀娴娴)8月18日,华中科技大学光学与电子信息学院(武汉国家光电研究中心)李培宁、张新亮教授研究团队在《自然》刊文,该团队同一些国外单位合作,突破性证明了传统双折射晶体中存在“幽灵”双曲极化激元电磁波,该成果革新了极化激元基础物理的“教科书”定义,对凝聚态物理、光物理、电磁学等领域的基础原创研究有重要指导意义。

极化激元光学是目前凝聚态物理、光物理、材料科学等多学科交叉的前沿科学领域,也是我国传统优势研究方向之一。

据介绍,极化激元是光和物质强耦合作用产生的“半光-半物质”准粒子,能将光场压缩聚焦至很小尺度,从而突破衍射极限,实现奇异的微纳光学现象和重要应用。1951年,我国著名半导体物理学家黄昆先生提出声子极化激元的经典理论,开辟了这一重要研究方向。随后,根据材料种类不同,不同性质的极化激元相继被发现。

目前,不同种类的极化激元一般被归纳为两类传播模式,即沿着材料界面传播的表面模式和在材料内部传播的体模式。而李培宁和张新亮团队的研究成果突破了极化激元模式分类的固有认识,证明了在各向异性方解石晶体中,存在第三种极化激元模式——“幽灵”双曲极化激元。

长期以来,“幽灵”电磁波被预测可产生负折射、超分辨成像等多种奇特现象,但这种特殊电磁模式的存在一直没有得到实验证明。

李培宁和张新亮团队发现的“幽灵”极化激元是光场压缩能力更强的一种特殊的亚波长“幽灵”电磁波。团队发现教科书中的经典双折射材料——方解石晶体存在“幽灵”极化激元,通过理论预测及计算,发现当方解石晶体的光轴和晶体界面存在一定夹角时,就可存在“幽灵”双曲极化激元。这种新型极化激元具有面内双曲型色散关系,表现出强各向异性的传输特性。

此外,该团队同时证明了能够通过改变双折射晶体内禀的属性——光轴的朝向来调节极化激元色散。除方解石晶体以外,团队预测石英、氧化铝等众多常见的双折射晶体中可能存在这种性质优异的“幽灵”极化激元。

据悉,该研究有力证明了储量丰富、可大规模制备的极性晶体在微纳光学领域具有极大的应用潜力,在红外光谱传感、亚波长信息传递、超分辨聚焦成像、纳米尺度辐射调控等方面有广泛应用前景。

(据微信公众号“中科院之声”)

宿主植物与菌根互惠共生

菌根通常指土壤中某些真菌与植物根的共生体。其主要作用是扩大根系吸收面积,增加对原根毛吸收范围外的氮磷等元素的吸收能力,进而提高植物养分吸收、生长和产量,而真菌又从宿主植物身上获取光合吸收的碳。也就是说,菌根真菌菌丝体既向根周土壤扩展,又与宿主植物组织相通,一方面从宿主植物中获取糖类等有机物质作为自己的营养,另一方面又从土壤中吸收养分、水分供给植物。

“陆地生态系统超过1万种常见植物中,约有80%至90%与菌根真菌共生,形成菌根。这种共生对植物和真菌都有好处,从而增加它们的生存机会。”论文第一作者、中科院昆明植物研究所汪延良副研究员介绍说。

自然条件下,一种植物可与多种真菌共生,一种真菌也可有多种宿主植物,当多种植

菌丝也会侵染非宿主植物

20世纪80年代,人们发现一些块菌,尤其是黑孢块菌和夏块菌等的菌塘内,杂草等非宿主植物稀少,其生长明显受到抑制,导致宿主周围形成一个明显的、像火烧过一样的“环”,人们称之为“火烧圈”。但长期以来,人们对“火烧圈”的形成机制知之甚少,非宿主植物是否参与菌根网络,以及菌根介导的宿主与非宿主植物互作研究也十分有限。

事实上,形成“火烧圈”的黑孢块菌的菌丝体、菌根以及子实体,会产生挥发性有机化合物和植物激素,如乙烯和生长素,从而影响非宿主植物种子发芽、根的形态发生以及根际微生物群落,抑制其生长。

“与此类似,我们发现当与37个月大的‘冬青栎-黑孢菌’菌根幼苗为邻时,十字花科非菌根植物拟南芥的生长也会受到显著抑制。”中国西南野生生物种质资源库副主任、昆明植物研究所高级工程师于富强说,但需要注意的是,并非所有的块菌种都能形成“火烧圈”或类似现象。

于富强、汪延良等人以菌塘现象为切入点,发现很多丛枝菌根和外生菌根菌丝在宿主存在

菌根菌丝显著抑制非宿主植物生长

人们早就知道,丛枝菌根植物对非菌根植物“邻居”的生长,具有明显的不利影响,尤其是对

珊瑚与虫黄藻这对亲密伴侣,或被全球变暖“离间”

◎江雷

珊瑚礁生态系统是海洋中生物多样性最丰富、生产力最高的生态系统之一,被誉为“海洋中的热带雨林”。作为珊瑚礁的“框架生物”,造礁石珊瑚与虫黄藻互利共生,珊瑚宿主为细胞内的虫黄藻提供庇护以及氮、磷和二氧化碳等无机营养物,作为回报,虫黄藻进行光合作用,并将大部分产物“分享”给珊瑚宿主,以此满足珊瑚的能量需求并促进珊瑚的钙化生长。健康的造礁石珊瑚体内的虫黄藻数量一般每平方厘米可达数百万个。

然而它们的关系正面临来自全球气候变化的严重威胁,其中最关注的就是海水升温 and 酸化。海水异常升温会导致珊瑚与虫黄藻共生关系的崩溃,进而造成珊瑚白化和死亡,而酸化会降低珊瑚钙化速率,同样也会影响造礁石珊瑚的正常生长发育,进而影响共生关系的稳定性。

虫黄藻不仅有一种

很长一段时间内,人们普遍认为虫黄藻只有一种,直至20世纪70年代中期,基于行为、生理和显微结构的研究表明有多种共生虫黄藻的存在。现有研究证实虫黄藻具有丰富的遗传多样性,基于核糖体DNA序列可将共生藻划分为9个系群(A-1),现已将各个系群划分到属级阶