

“好邻居”豆科树木的“利己主义”

■本报见习记者 韩扬眉

紫檀、黄檀、红木、花梨等名贵木材,可谓家具原材料中的“贵族”。事实上,它们同属豆科植物,是十分重要的植物类群。

在森林中,豆科树木与邻居物种有着怎样的联系和影响?它在生态系统中扮演着何种角色?

近日,中国林业科学研究院研究员许涵团队深度揭秘了豆科植物与其邻居植物之间的组成关系,及其对邻体植物生产力和多样性的影响。研究人员提出假说,被广泛认为是植物界“最美邻居”的豆科植物,并非我们以往所熟知的完全利他主义“好邻居”形象,反而可能更多表现出了“利己主义”。相关研究成果在线发表于《自然》旗下的《通讯-生物学》杂志。

森林豆科植物的“是是非非”

“豆科植物,特别是大豆、苜蓿等农作物,被认为是‘好邻居’。”论文第一作者和通讯作者许涵告诉《中国科学报》。

他解释道,豆科植物能固定大气中的氮,能向周围环境或植物提供有效氮来源,并活化根际的土壤磷环境。因此,在农作物系统中,豆科植物通常被认为有利于提高农业生态系统的邻体生产力和多样性。

在森林生态系统中,特别是豆科植物丰富的热带森林中,是否也存在同样的规律?豆科植物在提高邻体生产力的同时,是否也能提高邻体多样性?过去,以豆科树木为对象的相关研究较少。

“在森林生态系统,豆科植物是非常好的微型化工厂。”中科院西双版纳热带植物园研究员陈江华告诉《中国科学报》,森林不像农田,没有大量的栽培作物和人类干预。在森林生态系统中,需要依靠自然界不同的物种来为整个生态系统提供能量、维持营养平衡。

豆科植物刚好扮演了这一重要角色。豆科植物的叶片蛋白含量高,种子也富含高油高蛋白,能够为动物提供丰富的营养。“就像我们人类喝的牛奶,豆科植物能为土壤提高肥力!”

陈江华说,豆科植物还可与真菌共生,为植物生长提供磷元素。“森林中有无豆科植物对整个土壤和生物多样性的影响差异还是比较大的。”

有研究表明,豆科植物在土壤氮循环过程中扮演着需求者和供给者的双面角色,其自身既对氮有较大需求,同时又给土壤提供更多氮源。事实上,豆科植物固氮机制是多样化的:有的可持续过量固氮,有的可在氮限制得到缓解的时候主动减少生物固氮,而有的则根本不能固氮。

“这种固氮机制的多样性导致在豆科植物



国际大样地合作团队在海南尖峰岭大样地中考察。 许涵供图

与土壤氮磷的关系方面存在很多悖论,”许涵进一步解释,豆科植物与土壤氮磷的关系又影响到了其邻体的选择与共存。

比如,一方面,豆科植物有利于从枝菌根的定殖和土壤微生物活化,减轻热带森林生态系统的磷限制。这些微生物共生作用有利于不同物种对土壤养分产生互补资源利用,有利于豆科植物邻体多样性提高。

另一方面,土壤养分增加可能会强化植物间的地上竞争,从而降低植物的邻体多样性。而豆科植物可能给邻体提供氮源,这也有可能降低邻体多样性。

5年前,许涵在海南尖峰岭60公顷热带雨林大样地与广东黑石顶50公顷大样地研究物种分布规律时发现,豆科植物长眉红豆和茸荚红豆偏向于低土壤有效氮区域生长;而亮叶猴耳环和猴耳环则偏向于高土壤有效氮区域生长。后经统计检验,这两种相反的趋势均是显著的。

原因为何?规律普遍吗?随后几年里,许涵带着团队深入剖析,一步步揭开背后神秘面纱。

“最美邻居”可能是“利己主义者”

越往后的研究结果越让许涵感到有些“意外”:森林中的豆科植物或许并非是“好邻居”,而是更多表现出了“利己主义”。

研究人员通过在野外实验和室内控制实

验找到了更多依据。他们首先以海南尖峰岭60公顷热带雨林大样地中的7种豆科植物及其邻居组成为样本,采用叶片氮同位素组成来分析这7种豆科植物的生物固氮能力及其空间分布特征和邻体多样性,发现并解释了豆科植物与其邻居构成关系的形成机制。

为此,研究团队提出了“固氮策略分化假说”和“资源需求分化假说”。

许涵解释说,“固氮策略分化假说”认为,豆科植物会根据土壤氮含量调节其固氮活力,其中强制性固氮豆科植物在高氮土壤环境下不具优势,但在低氮土壤环境下却有竞争优势。相反,兼性固氮豆科植物在高氮土壤环境中生长较好,却表现出较低的固氮活力。根据施肥效应,当豆科植物固氮活力较高时,会强化地下竞争,从而降低邻体多样性。

“资源需求分化假说”则认为,高氮需求的豆科植物生长在高土壤氮生境,并表现出较高的固氮活力;低氮容忍性的豆科植物生长在低氮生境,并表现为较低的固氮活力。具有较高固氮能力的物种通过土壤微生物等共同作用,利用不同的养分资源,促进资源互补利用,并有利于物种共存和提高邻体多样性。

许涵说:“实际上,自然界处在平衡的状态。豆科树木如果已经满足自己在氮资源方面的需求,就会减少与邻体植物的竞争关系,可以说是先利己,后利他,最后达到互利共生、和谐共存。”

绿色视野

挖掘木本油脂产业的“宝藏”

■本报记者 张晴丹 通讯员 李政

在新冠肺炎疫情之下,许多企业的生存面临威胁。不过,安徽黄山恒远新材料有限公司(以下简称恒远公司)不仅未受影响反而逆势上涨。恒远公司技术部部长李大钱告诉《中国科学报》,这得益于与南京林业大学化工学院教授朱新宝产学研合作20余年结出的成果。

这些年来,朱新宝的科研成果为许多企业带来“福利”,撬动每年十亿元级的市场份额,推动上百个科研新品的工业化生产,靠科研攻关让无人问津的非食用木本油脂化身“软黄金”。

瞄准“小”助剂 服务大战略

我国木本油脂树种200多种,有超过150种不可食用,虽可用于制备生物柴油等可再生能源,但存在成本高、产品单一、产业链短等问题,不少副产品如环氧氯丙烷、脂肪醇等并不能有效利用。

要想实现非食用木本油脂的高效利用,必须要开发具有高附加值的化工衍生品。朱新宝团队经过数次论证,决定在醇醚类专用化学品上做文章。

醇醚类专用化学品既亲水又亲油,素有“万能溶剂”之称,是环氧树脂等基础化工原料生产、加工的重要助剂,虽然产品用量不大,但是在胶粘剂、涂料、日化用品、化妆品、印刷等行业中发挥着举足轻重的作用,未来醇醚类专用化学品市场潜力巨大。

“上世纪90年代,我国化工产业刚刚起步,涉及精细化工领域的大多数产品被国外几家化工巨头垄断,我们的科研基础就是一张白纸。”朱新宝告诉《中国科学报》。

要通过环氧氯丙烷、脂肪醇等原料制备醇醚,开环反应是关系成败的关键。沿用传统的化学品开发间歇釜式生产工艺效率低、能耗高、产品质量不稳定。

他带领团队耗时数年创制出连续管式反应器以及醇醚类专用化学品高效可循环催化剂,使得开环加成产物效率由釜式反应器的75.8%提高到86.2%,部分催化剂可循环利用10次以上。在节约生产成本的同时,大大减轻了环境压力。

其以椰子油、蓖麻油等为基础原料创制的醇醚类高级溶剂、低分子量聚醚胺固化剂、脂肪族缩水甘油醚类环氧树脂活性稀

前期研究断定,多数豆科植物提供土壤氮的“利他效应”,主要通过其死亡后的残体归还到土壤中得以实现。而在热带天然林中,不同豆科植物的氮需求和生物固氮效率存在很大差异,正是这种差异影响了豆科植物的邻居是由哪些物种构成,以及这些邻体物种数量的多少。

2019年,研究团队提出该假说后继续在全球11个16~60公顷的森林大样地中进行验证。

全球尺度的进一步验证分析表明,造成豆科植物邻体多样性差异主要是受土壤有效氮含量的影响,即土壤有效氮水平的高低调控着豆科植物与其邻体的多样性水平。

因地制宜设计“最佳拍档”

“不过,豆科植物仍是重要的固氮植物,它对生态系统仍有积极的贡献。”许涵说。

“如果能够把豆科植物的共生系统应用到水稻、玉米、小麦等作物上,将极大减少氮肥磷肥使用,有效减少水体的富营养化。这也是全球植物学界的挑战性研究。”陈江华表示,在草牧业的发展过程中,积极推广豆科牧草的种植,不仅可以有效避免水土流失,还可以增加土壤综合肥力,真正实现生态环境保护与经济可持续发展。

通讯作者之一,中山大学生命科学学院副教授方素琴也谈到,他们的研究结论对于未来豆科树木与邻体的种类选择和配植、栽植的适生境选择等具有指导应用价值。

当前,我国正在实施大规模森林生态修复工程,特别是在我国南方,还存在着大量低质低效次生林、人工纯林、荒地等生态系统需要进行生态修复。

“在进行大面积人工林改造时,不仅要兼顾提高生产力,也要考虑构建森林的稳定性和多样性等多目标经营,这就要求所选择的改造树种间的‘搭配’。如果是种植降低邻体多样性和生产力的豆科树木,可能影响森林经营目的。特别是种植一些以豆科植物为主的红木类珍贵树种时,就要考虑其邻体到底是谁,才能达到相对稳定共存。”方素琴说。

豆科类植物是重要的混交树种,许涵以种植最广泛的海南黄花梨为例指出,是否种植纯林,其邻体匹配什么树种、种植密度比例多少等,都要求对海南黄花梨的固氮能力和效率,及其与邻体关系逐一了解。只有摸清其生物生态学特性,才能做详细的森林经营设计,并进一步构建高多样性、高稳定性和高生产力的森林。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.13017>

■大话农科

“过去5年澳大利亚小麦的产量显著提高。”澳大利亚小麦育种公司InterGrain的小麦育种家Dan Mullan说,此前,他们的育种更加专注于提高小麦品质,近期才转为产量和质量相结合的育种目标。

近日,一场关于澳麦在中国面食中应用的研讨会在线上举行。来自澳大利亚和中国的专家交流了中澳面粉的比较研究成果,探讨了澳麦在中国面食市场中应用的方式等。

以消费者需求为育种导向

澳大利亚是全球优质小麦生产的领军者。澳麦饱满,拥有白色麸皮,水分低,生产环境污染低,品质优良,这些特质使澳麦享誉国际,是制作面条及面点理想的原料。

近年来,澳麦产量的提高推动了种植者选用产量和品质俱佳的乌冬面条麦。

“根据消费者需求进行育种。”Mullan指出,乌冬面条麦的发展是对日本消费者特定品质需求的直接响应;而启动软麦育种工程是为了应对东南亚的市场需求。

Mullan认为,育种工程可以为新兴的产品类别而定制,但任何改变都需要大量资源及时间上的投资,市场接受度至关重要。应当看到,其对种植者、育种公司及最终用户的回报还是很高的。

农业农村部食物与营养发展研究所小麦首席分析师刘锐告诉《中国科学报》,澳大利亚小麦的育种导向是面向消费者的。

为了考量消费者需求,澳大利亚每一个小麦新品种投入市场前,必须通过小麦品种质量分类体系进行分类划分。“该体系面向终端食品消费者的需求,重点关注小麦的加工性能和最终使用性能,其小麦分类体系和品种质量分类方法可以为我国小麦产业发展提供参考和借鉴。”刘锐说。

澳麦如何保持品质

中粮粮谷控股有限公司面粉管理部陈艳介绍,用澳麦制作面包、馒头、面条,组织细腻,色泽洁白。

“澳麦的品质依靠遗传属性及生长环境条件、基本化学和物理属性及缺陷的监控、植物检疫及农残测试等手段来保障。”澳大利亚出口粮食创新中心(AEGIC)高级粮食研究员Siem Doo Siah说。

Mullan以专用小麦乌冬面条麦为例介绍了澳麦的育种过程。乌冬面条麦的主要育种目标是产量、质量及农民收益,兼顾增加农作物遗传多样性。

Mullan介绍,整个育种过程分为前期育种、群体建立、基因和环境测试、市场推广等阶段,一个新品种从培育到推广上市大约经历8到10年。前期育种主要选择有新特质的种质资源;群体建立阶段约3到4年,通过温室杂交、芯片标记、近红外检测质量、疾病筛查等手段培育早期世代,完成物质隔离;晚期世代需要经历基因测试和环境测试,分别测定其产量、质量和农艺性状等,用4到5年时间固定品系;最后用1年多时间完成全国品种测试、认证、种子扩繁,进入商业发行推广阶段。

在面条麦的筛选中,面条的颜色及稳定性是极其重要的育种目标。他们采用颜色测量机测试全麦、面粉、生面片、熟面条的黄度、亮度,每年可有效筛选超过60000个品系。

此外,面条口感是育种目标中一个极为复杂的特征。“好的面条口感需要高的淀粉质量。”Mullan说,“我们联合几种不同仪器的解析能力来发展新的测试技术。”他们不但使用传统的检测仪器,还采用基因组图谱、机器学习等先进手段。

用恰到好处的小麦研制面粉

小麦是澳大利亚主要粮食作物。刘锐介绍,澳大利亚每年约生产2500万吨小麦,约占全球年产量的3.5%。其中65%~75%出口到全球50多个国家和地区,约占全球小麦年出口量的10%~15%。

中国是澳洲粮食重要的出口市场之一。澳大利亚出口粮食创新中心研究及技术服务总经理Ken Quail表示,澳洲出口到中国的小麦超过80%为标准白麦,其他小麦类别在中国面食应用上也有潜力。

根据《食品工业发展报告》,我国面粉用途主要是面条(39%)、馒头(30%)、饼(6%)、包子(4%)等。

陈艳认为,不同品种的澳麦在中国市场上适用于制作面食,尤其是色泽明亮的各式亚洲面条。研发机构和加工企业应该精准搭配、科学应用,市场和客户的接纳是唯一验收标准。“用恰到好处的小麦研制面粉。”陈艳说。



澳麦育种转向量质并重

■本报记者 李晨

用澳大利亚乌冬面条麦制作的面条 AEGIC供图