

他们在秦岭“养”线虫

■本报记者 严涛

李英梅挥动着手中的铁锹，铲起试验田里的各种蔬菜，甩掉泥土，把根须平摊在手心仔细观察。“这棵也有线虫。”说完，她把这棵蔬菜小心翼翼地交给学生，装进取样袋内。

这是位于陕西省洛南县秦岭深处的一处小山村。陕西省生物农业研究所研究员、陕西省植物线虫重点实验室常务副主任李英梅和团队在这里观察、培养、采样植物根结线虫已有 3 年多。

“这次过来我们车上还拉了一箱培养好的根结线虫，要放在试验田里，等到明年春天再来观察根结线虫的越冬情况。”李英梅说。

“线虫军团”已开始“北扩西进”

植物根结线虫是一种专性寄生的杂食性植物病原线虫。其寄主很广，多分布在 0~20 厘米深的土壤内，其中 3~9 厘米深的土壤中线虫数量最多。由于体形很小，根结线虫很难用肉眼看到，但可以通过观察植物根部症状来判断田间是否有其危害发生。

2018 年，李英梅和团队来到陕西省洛南县兰草河村做调查，偶然发现当地的白菜等几种农作物的根部病害症状与常见的病害类型不同。“白菜根部的病害形态特征怎么有点像南方常见的象耳豆根结线虫造成的？”一起参与调查的中国农业科学院植物保护研究所研究员彭德良的一句话提醒了李英梅。

于是李英梅把样本带回实验室分析，发现病原物确实是根结线虫中常见的象耳豆根结线虫。但这种热带线虫在北方还是头一次被发现。

“根结线虫现在已经出现‘北扩西进’的趋势，而且是以每年 30 多公里的速度蔓延，尤其是象耳豆根结线虫。”陕西省植物线虫重点实验室学术委员会副主任、研究员陈志杰分析说。

李英梅介绍，以前业内关注点都集中在南方根结线虫，这一种类能占到植物根结线虫病害病原的 90%。南方根结线虫最早分布在海南和广东，后来逐渐传播到福建、湖南。“为什么与南方气候条件差异巨大的陕西也会出现南方根结线虫？”李英梅不由得发出疑问。自此之

后，陕西的根结线虫成了她研究的主要内容。

为什么北方出现了根结线虫要引起重视，甚至作为一个专门方向和课题去研究？这与根结线虫的习性有关。李英梅团队发现的象耳豆根结线虫最早发现于海南，短短二三十年间，它已经取代了南方根结线虫，占海南根结线虫的大成以上。

“象耳豆根结线虫种群的竞争能力很强。”更棘手的是，一些抗病基因对南方根结线虫有抗性，但对象耳豆根结线虫来说却没有抗性。“如果象耳豆根结线虫现在大面积传播，目前在生产上还没有一个特别有效的办法应对，连抗病品种都没有。”李英梅说。

“线虫看不见，危害大无边”

上世纪 80 年代，西北农林科技大学已经有科研人员在研究植物线虫。因为当时在生产上并没有成灾，所以对植物线虫的研究也只是作为教学需要。

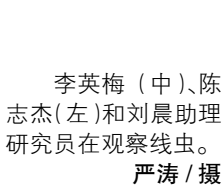
直到 2000 年这一年，陕西蒲城县有 3 位年轻人投资近百万元承包了 60 个蔬菜大棚种植厚皮甜瓜。距离甜瓜成熟还有 20 多天时，瓜蔓忽然出现大面积枯萎。陕西省植物线虫学重点实验室学术委员会副主任陈志杰到地里调查后说，采取灌根已经不起作用了，还是抓紧育苗，种点别的来补救。

“他们一听就瘫坐在地上哭了起来，当时这件事对我刺激很大。”陈志杰回忆说，让这 3 位投入巨资辛苦劳作的年轻人情绪崩溃的“罪魁祸首”就是植物根结线虫。

这是陈志杰在陕西第一次目睹植物线虫造成的灾害。“我当时分析，植物线虫将来会是影响陕西农作物和经济作物的一个主要问题，原因就是随着设施农业的大面积发展，原本不能在北方越冬的植物线虫可以越冬了。”陈志杰说。

李英梅分析说，由于根结线虫的危害特别隐蔽，一方面大家会对根结线虫带来的病害判断错误，造成“误诊”；另一方面根结线虫的病害特征不像其他细菌性、真菌性、病毒性病害那么明显，识别起来很困难。

“尤其是西瓜、甜瓜这一类农作物，距离成熟还有大约半个月的时候，就到了根结线虫病害为害的顶峰，根系的根结越长越



李英梅（中）、陈志杰（左）和刘晨助理研究员在观察线虫。

大，最后直接导致绝收。”李英梅说，甚至有农户因为瓜田绝收差点自杀。“很多时候根结线虫造成的损失是无法挽回的。线虫看不见，危害大无边。”

到目前为止，植物根结线虫的防治依然是一道难题。与真菌性和细菌性病害的病原物可以在实验室用培养基进行培养研究不同，根结线虫只能通过植物进行活体培养。“现在针对线虫的药剂很少，而且药剂使用时也要通过土壤和根系的‘阻隔’才能接触到线虫，难度很大。”李英梅告诉《中国科学报》。

现在科研领域对线虫的研究方式和理论体系的构建都不成熟。“虽然植物线虫病害已经是仅次于真菌性病害的全球第二大农作物病害，但对植物线虫的有效防控目前仍然是一道世界性难题。”陈志杰说。

把实验室建在田间地头

2023 年 8 月，陕西省科技厅组织专家对位于陕西省大荔县的陕西省植物线虫学重点实验室进行验收。陕西植物线虫学研究终于有了“正规军”。

以中国工程院院士、西北农林科技大学教授康振生为首的专家组在实验室验收报告中写道：“陕西省植物线虫学重点实验室首次开展了秦岭南麓中药材根结线虫病发生普查，发现了 6 个陕西新记录寄主，明确了根结线虫是中药材连作障碍的主要原因；证实了南方根结线虫已扩展至北温带，象耳豆根结线虫呈‘北扩西进’的趋势；选育出抗根结线虫番茄品种 8 个，研发出生防杀线剂 2 个，构建了设施蔬菜和猕猴桃根结线虫可持续绿色防控技术体系……”

实验室的成立，最早可以追溯到 2001 年。经历了 3 位年轻人甜瓜绝收事件后，陈志杰意识到植物线虫将是以后陕西农业生产面临的“最大敌人”之一。但当时业



内对植物线虫将造成巨大危害这一点还没有形成普遍认同，陈志杰选题立项都很难，只能采取各种办法争取经费以开展研究。

到 2008 年左右，植物线虫的危害越发严重，有关部门对此也逐渐重视起来。陈志杰觉得，需要一个平台把陕西省与植物线虫有关的人才集聚到一起。2017 年，作为刚建所一年的陕西省生物农业研究所第一任所长，陈志杰开始着手组建实验室。“要让专业的人做专业的事，一个实验室就解决一个具体问题。”

如今已是实验室常务副主任的李英梅也是当年的团队成员之一。早在 2006 年，刚毕业的李英梅跟随陈志杰研究植物线虫，但她在校时的专业是农业昆虫。李英梅笑称：“当时不是你能干什么，而是科研工作需要你干什么。先把事情干起来，帮助村民解决实际困难。”

刚刚参加工作的李英梅来到位于陕西省大荔县东岭村的基地里，开始和团队深入田间地头搞研究，实验室就设在简单改造过的废弃民房里。十余年间，李英梅把根扎在基地。经费情况也逐渐有所好转，陕西省科学院和省有关部门以及当地政府到基地多次考察后，专门批了一笔经费。“团队终于熬过了最艰难的日子。”李英梅说。

虽然现在实验室已经顺利通过验收，并联合陕西省内多家单位共同参与，但仍处于起步阶段。“实验室在一些深层次的科学问题、技术应用以及技术研究方面都比较欠缺，尤其是在解决植物线虫抗病育种等关键问题上还需要下功夫。”李英梅告诉《中国科学报》。在人才培养方面，实验室还没有办法培养研究生，目前主要通过联合其他高校和研究所，把团队中的青年科研人员送到其他单位去学习锻炼。“如果有一天同行们也把他们的人送到我们这里来，就说明我们的团队已经真正成长起来了。”李英梅说。

新材料、新工艺、新构件 布局钙钛矿光伏领域技术制高点

■本报记者 廖洋 实习生 王冰笛

1958 年，当美国将化学电池和光伏电池成功应用在第二颗人造卫星上时，我国的光伏电池研究刚刚起步。但历经半个多世纪的发展，2022 年，当全球光伏累计装机容量突破 1100 吉瓦之时，我国光伏累计装机容量已达到 392.61 吉瓦，成为世界上最大的光伏市场。

这一数字的背后，站着一群不断向光伏领域更高点进军的科学家。中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）、山东能源研究院研究员崔光磊带领的固态能源系统技术中心团队便是其中一分子。

聚焦光伏材料科学前沿的崔光磊团队，审时度势，提早谋篇布局，进入钙钛矿研究赛道，积极响应国家“双碳”目标，抓住全新战略发展机遇，布局钙钛矿光伏领域的技术制高点，推进该领域产业化进程。

铭于心 构建新材料体系

2009 年，日本桐荫横滨大学教授 Tsutomu Miyasaka 首次将甲胺基钙钛矿材料用作太阳能电池的吸光层，获得了 3.8% 的光电转换效率。这一年，崔光磊正式回国加入青岛能源所。刚入职，他便针对国家能源战略的重大需求，牵头成立固态能源系统技术中心，前瞻性布局光伏领域。

2011 年，当“钙钛矿”还是个不温不火的名词时，崔光磊团队已敏锐察觉到这是一只“潜力股”。“钙钛矿太阳能电池是新生的光伏技术，技术起始原料简单，光学带隙接近太阳能电池的理想带隙，发展潜力大，是全球光伏行业的重大前沿技术。”崔光磊对《中国科学报》说。

第二年，根据国际科技发展趋势，崔光磊带着团队及时调整研究方向，在染料敏化太阳能电池技术的研究基础上，跨入钙钛矿电池研究领域。崔光磊团队成为国内最早开展钙钛矿光伏技术研究的团队之一。

甲胺铅碘是最最早研究的钙钛矿材料。“但它结构单一，晶体材料吸光范围与理想值相比还有一定差距，无法充分利用太阳光谱。而且它的热稳定性不足，会影响太阳能电池的长期运行寿命。”崔光磊认识到，团队需要发展新的材料体系。

通过大量实验反复筛选，团队成员、从德国归来的博士逢淑平提出，甲胺基钙钛矿材料



可提升钙钛矿电池的理论光电转换效率，使其具有更好的稳定性预期。也就是说，用甲胺离子替代甲胺离子作为有机阳离子骨架，提高钙钛矿材料晶格的对称性，拓宽对太阳光谱的吸收范围，且稳定性更强。

团队的这一创新材料体系的提出，引发了国际同行的广泛关注，为后续钙钛矿太阳能电池发展起到很大的推动作用，也成为当前高效率钙钛矿器件的主流体系。

此时，崔光磊团队被国际同行认定为“世界上率先报道甲胺铅碘新钙钛矿”材料的课题组之一”。在《有机无机杂化卤化物钙钛矿光伏技术》一书中，其创新性工作得到了钙钛矿领域创始人、瑞士洛桑理工学院教授 Michael Grätzel，日本桐荫横滨大学教授 Tsutomu Miyasaka，韩国成均馆大学教授 Nam-Gyu Park 的充分肯定。

立于言 大胆思索发明新技术

在钙钛矿光伏材料研究初期，薄膜的制备技术是关键。

“制备技术大多参考自染料敏化和有机光伏技术，难以完全适配有机无机杂化的钙钛矿材料体系。制备的薄膜均匀性较差，传统技术明显不适用于大面积钙钛矿薄膜的制备。”崔光磊说。

新材料、新工艺、新构件

布局钙钛矿光伏领域技术制高点

■本报记者 廖洋 实习生 王冰笛

肽基钙钛矿薄膜在甲胺气体会显著退化，并失去吸光能力，因此，无法用于甲胺基钙钛矿材料体系。

“从化学本质上认识这一过程，也许能找到解决问题的方法。”崔光磊和团队成员反复研讨。

通过进一步实验，团队成员、青岛能源所博士王啸等人发现，甲胺离子结构中不饱和键的存在，使其能与甲胺分子发生转亚胺反应，从而导致材料转变为无光学活性的杂质相，这正是混合有机阳离子钙钛矿前驱体溶液老化不稳定性根源，同时也证明了溶液内部的副反应是电池效率一致性差的重要原因之一。

此外，团队成员还系统性研究了在胺类气体中钙钛矿材料发生的一系列去质子化、转亚胺、离子交换、水解等副反应过程，发现氨气是这一系列副反应的主要产物。

为了避免修复气体与薄膜材料之间发生副反应，崔光磊团队进一步提出氨气用于甲胺基钙钛矿薄膜的修复技术，实现了甲胺基钙钛矿薄膜的高效修复。同时，团队研究构筑了氨类气体修复钙钛矿薄膜技术的化学基础，可以与目前商业化的涂布工艺兼容，易于规模化放大，并与目前主流的钙钛矿材料体系相聚合，有望加速推动钙钛矿太阳能电池的产业化进程。

践于行 竭力为新能源产业打造新引擎

科研探索永无止境。薄膜制备技术问题解决后，下一步就是竭力为新能源产业打造新引擎，制备钙钛矿太阳能电池。

传统溶液法在制备钙钛矿太阳能电池时会存在体相、晶界和表面不可避免地形成多种缺陷，很大程度上影响钙钛矿太阳能电池的效率。同时，缺陷的存在还会进一步诱导光生载流子复合，并为离子迁移提供途径，导致太阳能电池性能的衰退。这是团队面临的新命题。

崔光磊团队通过在晶界和表面引入具有配位、氢键等弱相互作用的添加剂或界面层，调节钙钛矿薄膜界面处的化学键，大幅降低了电池晶界处的电压损失，提升了器件的工况稳定性和器件的综合性能。电池开路电压的提升更是达到了世界最高水平。

为实现钙钛矿材料中光生载流子的有效分离，团队成员、青岛能源所博士邵志鹏等人

龙芯发布新一代通用处理器

本报讯（记者赵广立）11 月 28 日，国产通用处理器创新企业“龙芯中科”时隔 3 年再次在京召开龙芯产品暨用户大会，发布其新一代通用处理器 3A6000、龙芯 2P0500 打印机专用芯片新品，并宣布开放“龙架构”，同时发布“龙芯处理器核 IP 授权计划”。剑指构建独立于 X86 和 ARM 架构体系之外的国产芯片生态体系。

龙芯 3A6000 处理器采用龙芯自主指令系统龙架构，是龙芯第四代微架构的首款产品，主频达到 2.5GHz，集成 4 个高性能 LA664 处理器核，支持同时多线

程技术，全芯片共 8 个逻辑核。集成安全可信模块，可提供安全启动方案和国密应用支持。根据中国电子技术标准化研究院赛西实验室测试结果，龙芯 3A6000 处理器总体性能与英特尔公司 2020 年上市的第 10 代酷睿四核处理器相当。

龙芯中科董事长胡伟武认为，由本次发布的桌面处理器龙芯 3A6000、在研服务器处理器龙芯 3C6000 和移动桌面终端处理器 2K3000 构成的龙芯“三剑客”已具有一定开放市场竞争能力。

第十三届“中国智能车未来挑战赛”举行

本报讯（记者甘晓）近日，由国家自然科学基金委员会信息科学部、中国自动化学会主办的第十三届“中国智能车未来挑战赛”在江苏省常熟市举行。

本届比赛设置“真实交通环境挑战赛”和“复杂交通环境通信与感知的离线算法挑战赛”两大内容。“真实交通环境挑战赛”主要设置地上、地下环境中“任意指定”上下客接驳点等赛题内容，旨在提升和验证无人驾驶技术在“最后一公里”时为乘客提供出行服务的无缝衔接，解决地下停车场复杂环境自主行驶的

难题。

“复杂交通环境通信与感知的离线算法挑战赛”是本届比赛的新增内容。比赛利用仿真平台灵活开展多种场景条件下的网联智能方案研究与测试，以极低的成本与极高的灵活性实现各种复杂自动驾驶场景的仿真。

最终，西安交通大学“先锋号”获得一等奖，上海交通大学“CyberRock”和空军预警学院“云峯队”获得二等奖，西安交通大学“发现号”、北京化工大学“氮客智能”和苏州市职业大学“苏州职途”获得三等奖。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室面向国家重大需求和人民生命健康，构建以人为中心的人因智能核心算法与框架，以智

慧医疗和智能制造为典型应用场景，联合国外先进研究团队，通过资源整合，聚焦人因智能与装备基础理论、核心算法和发展战略研究。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。

该实验室着力探索产学研合作，通过与中集集团、广汽集团、超级机器人研究院（黄埔）以及中山大学附属第一、第三医院等单位开展协同合作，加强应用基础研究，推动科研成果产出转化。