

一到6月,南方就步入了梅雨季,家中物品、食材发霉甚至长蘑菇都是常有的事。2024年7月,一张苹果上长出蘑菇的照片在社交平台走红,网友们倍感新奇,还给这株蘑菇取名为“果菌王”。

“果菌王”亦吸引了中国科学院昆明植物所(以下简称昆明植物所)真菌育种研究团队的关注。此后一年多,团队系统开展了一系列选育“果菌王”的工作,还让“果菌王”谈了很多场“恋爱”。他们持续与网友分享研究进展,也不断收到网友寄送的、长在更多基质上的蘑菇子实体样本。

更有趣的是,这群研究“果菌王”的科研人员认为,来自民间的研究素材不能停留在实验室的抽屉中。他们升级改良“果菌王”,并让它们回到民间。2026年春天,课题组以几乎成本价零售了一批“果菌王”与航天育种蘑菇的杂交后代,作为对参与科学研究的公众的回馈。

“闻着有种清香味”“啾啾啾的,很像瘦肉”“震撼美味”“越嚼越有味道”“蒸蛋,好吃”,网友们纷纷留下品尝感言……

## 一株极具育种潜力的“果菌王”

两年前的一个夜晚,昆明植物所真菌分类学方向的博士生许容聚在实验室“收工”后,点开了小红书。算法常常会给他推荐各种与蘑菇相关的帖子,那天,他被“果菌王”的帖子吸引了。

看着照片中稍有腐烂的苹果与苹果上长出的蘑菇,许容聚一眼就认出这是他十分熟悉的白参。白参是云南常见的食用菌,中文名叫裂褶菌,也是他所在课题组近20年持续研究的对象之一。

作为有着一定专业背景的博士生,许容聚没有像网友那般感到格外新奇。在他眼里,这是一个真菌侵袭腐烂的果实、不断汲取营养并长出子实体,即大众认知中“蘑菇”的生物现象。

但许容聚也发现了反常之处:苹果pH值偏低,且能利用的营养较少,并非裂褶菌的理想生长环境,可这株裂褶菌却长势旺盛。极强的环境适应性,让他判定“果菌王”是一株极具育种潜力的优质菌株。

许容聚主攻青藏高原水生真菌物种多样性研究,但他意识到,“果菌王”很适配师弟、硕士生木立恒的育种课题。刷到帖子一分钟的工夫,许容聚就联系了发帖的邓女士,希望可以收购苹果与蘑菇。

邓女士听闻对方是做科学研究的,立刻热心地表示愿意无偿提供“果菌王”。

邓女士生活在浙江省,她的帖子是7月4日发布的。7月9日,身在昆明的许容聚就收到了“果菌王”,并在评论区与网友分享:“这株菌株非常强壮,有研究价值,后续有进展会给大家汇报的。”他同时向网友科普,裂褶菌多生长于腐木,有极少数长在桃子上的记录,长在苹果上则十分罕见。

许容聚的这条“汇报”吸引了一万多网友点赞,而“果菌王”的故事也就此开启。

许容聚查阅文献发现,此前仅有一例来自国外的苹果上长出裂褶菌的野外记录,但并没有科研人员展开深入研究与人工培育实验。当时,手握“果菌王”材料,研究团队首先想弄清裂褶菌是如何入侵苹果的。

他们切开苹果观察了菌丝生长情况,推测孢子可能从果实的伤口侵袭了苹果,并从果柄处长出子实体。接下来,他们将菌丝接种到苹果的不同部位,再进一步将菌丝分离至培养皿观察生长速度,确认了“果菌王”的主要营养来源是已腐烂的果肉。

下一步,是品尝“果菌王”。

在我国,早有“民以食为天”的典故,而食物的风味也一直是人们追求的,这也是食用菌育种的核心指标之一。而白参作为云南餐桌上常见的蘑菇,在当地有十分成熟的产业。“果菌王”的口味能否脱颖而出,是网友和课题组都十分好奇的

问题。

在分离纯化菌株后,课题组在一大批菌包上种下“果菌王”。历经一个月的生长期后,他们迎来了首批“果菌王”后代,并立刻策划了一场组内试吃会。

不尽如人意的是,这批“果菌王”子实体的叶片与市面上的白参相比又细又小,尝起来还有点苦。许容聚当时有点受挫,“没想到会那么难吃”。

难道说,被这么多人关注的“果菌王”并没有特别之处,要让大家失望了?

## 和“高端”的白参“谈个恋爱”

虽然初代“果菌王”口感略差,但“果菌王”有着不可忽视的优势——不需要特别多营养就能长势良好,这意味着它存活率高,适应性强。至于略差的口感,并非没有解决办法。

在育种工作中,杂交筛选是常见的改良性状的手段。许容聚和木立恒的导师、昆明植物所正高级工程师赵琪长期从事裂褶菌和羊肚菌等育种研究,他们也是国内首个规模化进行食用菌航天搭载研究的团队。赵琪告诉《中国科学报》,航天育种的主要目标是解决生产实际问题,如提高产量、改善品质、口感,同时筛选高活性成分和优良农艺性状的新种质资源。

在2021年发射的神舟十二号飞船上,就有一批赵琪课题组“送上天”的裂褶菌、羊肚菌等常见食用菌。不过,航天选育是个“开盲盒”的过程。木立恒解释,宇宙射线、微重力等极端环境可快速实现DNA突变,虽然突变大多是致死的,但也会有一定概率被激发出理想的表现。过去几年,课题组经过大量筛选工作发现了一些高产、抗性强、口感好的突变体。此后的神舟十四号、神舟十六号等任务也搭载了课题组提供的育种材料。

因此,在团队最初收到“果菌王”时,他们就有意将其与太空裂褶菌进行杂交。“这就好比让‘果菌王’和航天育种的白参谈恋爱,看看是否擦出火花。”赵琪笑着说。

不过,赵琪坦言,选育与驯化是非常漫长的过程。他们面对近万个上过天的孢子,每个孢子都要被单独观察并培养出菌丝,并在进一步筛选出适应性优良的菌株后,与“果菌王”的菌丝杂交。实验室总是堆满培养皿,作为课题的主要完成人,木立恒的日常是超净工作台与菇房“两点一线”。

杂交后的出菇,又是一轮“开盲盒”的过程,他们会通过测量生长周期、生物量、子实体叶片重量等表现,做精细的评判。

2025年下半年,课题组已经筛选了十余个表现优异的品种,并决定再进行一次“果菌王”测评。他们邀请了昆明植物所的数十位蘑菇爱好者,请厨师使用青椒煎炒的方法分别烹饪每一种“果菌王”。许容聚介绍,云南人吃白参最常见的方法就是用青椒炒,“这是最简单的、最朴素的烹饪方式”。此外,还可以做白参蒸蛋、凉拌白参。

那天,资深真菌研究学者杨祝良、科普达人张金星、植物科学画家曾孝濂和妻子张赞英等一群在云南省工作多年的蘑菇“老吃家”吃得很满足。有人评价,这些“果菌王”很鲜,比市面上的嫩很多;有人说,有的吃起来有干巴菌的香味。

研究开展期间,团队还选育出一种几乎不产生孢子的“果菌王”后代。从人类健康出发,木立恒提到,不少“菇农”长期暴露在大量孢子环境中,肺部很容易受感染。因此,无孢子的食用菌对人类呼吸道更为友好。

此外,这株杂交后代的外形也给了课题组一



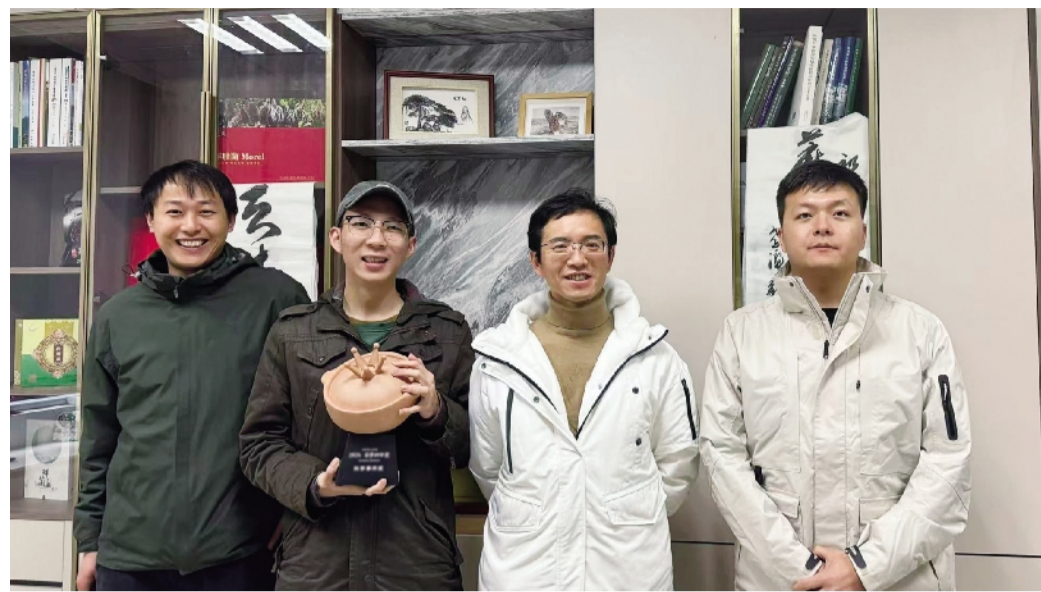
青椒炒“果菌王”蘑菇。

个惊喜。通常而言,裂褶菌的菌盖朝重力方向生长,这个不产孢子的裂褶菌却有朝天生长的菌褶。“我们都说,决定朝向性状的基因仿佛在失重的过程中“眩晕”了。”赵琪笑着说。另外,无孢子蘑菇表面绒毛更少,吃起来也更脆。

如今,课题组还在继续选育稳定的“果菌王”后代。经他们之手上过太空的已经有129个食用菌用真菌物种。他们计划进一步寻找并解答航天育种中普适性的科学问题。

## “果菌王”走上餐桌

正如许容聚最初向网友许诺的那样,他一直阶段性地在小红书上更新“果菌王”的研究进展。他也在网友的见证下博士毕业,继续在赵琪课题组开展博士后研究。



研究团队合影(左起:木立恒、许容聚、赵琪、博士生鲁金荣)。

自2024年夏天起,更多网友把长在稀奇古怪地方的蘑菇的照片发给许容聚,并询问是否需要寄送。课题组陆续收到了长在葡萄、柿子、柚子、哈密瓜、芒果、大蒜、咖啡胶囊等40余种不同基质里的裂褶菌。每一种都在收到样品后被他们精心培育,与太空品种进行杂交并试吃。

这期间,不断有网友问许容聚,什么时候可以吃到“果菌王”蘑菇。

2026年年初,推出阶段性成果的时机已经成熟。“既然大家想吃,我们就种一波。”今年3月,许容聚在自己的小红书页面正式上架“果菌王”蘑菇,一盒19.9元,包含从上千种杂交品种里选出的三种最具特色的“果菌王”后代,它们在颜色、形状、口感几个方面都有别于市面上的普通白参。

购买这批“果菌王”蘑菇的,大多是从没吃过白参、充满好奇的网友。“如果大家以平菇或杏鲍菇的口感为预期,可能会有一种落差。白参天然偏韧,但也会带来一种完全不同的感觉。”许容聚说。

他描述道,这些选育后的“果菌王”蘑菇吃起来像木耳一样脆脆的、韧韧的。其中的明星产品是“香菇”,颜色粉嫩,口感突出;有一种偏褐色,是哈密瓜“果菌王”的后代,吃起来又脆又甜,但是产量相对较低;还有一种外观呈须状,很适合像折耳根一样做成凉拌菜。

如今,课题组也在推进与企业的合作,进一步扩大种植规模。

另外,网友此前最大的好奇是,苹果上的蘑菇会不会有苹果味。事实上,裂褶菌的风味并不来源于苹果本身,但为了满足公众的好奇心,课题组也尝试在培养基中添加苹果汁、芒果汁,试图让味道富集在菌子中。

“目前我们还没有种出苹果味的蘑菇,但的确可以获得偏甜的口感。”赵琪透露,近期他们还会推出一系列健康、养生的食用菌饮品。“现在的年轻人不是喜欢又有甜味又低糖的饮料吗?裂褶菌中富含β-葡聚糖,这种糖有抗氧化、抗炎的功效。开发菌类饮品也是为了满足大家的健康需求。”

## 科学与公众互动最好的正循环

对研究团队来说,做这些事从来不是为了赚钱。他们的初心,始终是让民间来的材料最终回馈民间——服务于当地的食用菌生产,让更多人尝到“果菌王”的味道。在许容聚看来,这种科研人员与公众的良性互动也能让公众认识到,科学并不是那么高高在上、遥不可及的。

许多研究菌类的科研人员,会把科普视为己任。许容聚在日常刷小红书时,总会有一些分辨蘑菇物种的帖子下答疑解惑,也会在询问“这种

蘑菇是否能吃”的帖子下留言,提醒大家不要轻信食用陌生的野生菌,并建议大家秉持可持续性的采菌原则,保护菌子的生长环境。

此外,赵琪欢迎蘑菇爱好者及感兴趣的网友去他的办公室参观、交流。他还活跃于许多蘑菇爱好者的微信群里,也常驻微博,与网友分享实验室的日常、真菌圈的新动态,并为网友答疑解惑。

让赵琪十分感慨的是,随着经济、交通、网络的不断发展,全国各地的公众都愿意为他们提供研究材料。在20年前,当研究者深入山村寻找蘑菇时,除了面临险恶的野外环境,还会因为当地百姓对菌子的叫法不同而给研究造成困扰。现在,人人都可以随手拍下身边的蘑菇,还能直接寄送给科研人员,节省了大量研究成本。

“随着技术和经济发达,我们做科研也能享受红利。”赵琪表示,这虽然不能代替野外的系统性调查工作,但能为研究者提供重要的物种分布信息,有时也能获得意想不到的发现。他同时提到,一些具有代表性的材料也会有机会入驻昆明植物所的标准馆,成为公益事业的一部分。

前段时间,在宣布第一批零售“果菌王”蘑菇上架时,许容聚在小红书上写道:“它起源于一个苹果,却联结了全国网友、科研团队和大家的参与热情。(这)是一款科学的纪念品。”

这大概是科学与公众互动最好的正循环。



盒装“果菌王”蘑菇。 本文图片由受访者提供

## 一个大胆的推断:

# 支撑科技腾飞的下一代载体是高科技公司

李侠 鲁世林

回望人类历史上的5次科学中心转移现象,探究其背后隐而不显的支撑要素的变迁轨迹,有望为未来科技体制改革提供新的视角。对此,我们可以把历史上关于“科学起飞”的问题聚焦于所依托的独特载体上,毕竟任何科技知识的产出都需要适宜的外部环境和具有独特功能的特定载体,二者缺一不可。

## 科技载体的演变

16世纪支撑意大利科学起飞的载体是商业革命。如英国科技史家彼得·沃森所言,意大利的地形不利于发展农业,却有利于商业、航海业、贸易和工业的发展。在一系列复杂因素推动下,政治结构和地理结构促进了城镇的发展,到1300年,意大利已有23座城镇人口达2万或更多。中世纪停滞期后,伴随着古典文化的复兴和视觉艺术的辉煌成就,意大利在计时、教学、阅读、音乐和艺术上取得了重要突破,还发现了透视图。

有学者研究了中世纪最博学的15位学者的职业,发现其中有14位建筑师、13位画家、10位雕刻家、6位工程师和6位作家。事实上,这一切主要是商业需求带来的结果。商业的发展不仅带来了经济的繁荣,更带来了科技的腾飞。想想达·芬奇的多才多艺,不难看出白正是商业的高度发展造就了这批百科全书式的人才。

17世纪支撑英国科学起飞的载体是无形

学院或学会。17世纪40年代形成的无形学院在1660年正式升格为英国皇家学会,这个团体最初并没有定下任何规定,目的只是集合大家一起研究实验并交流讨论各自的发现。学会组织的出现,实现了科技活动的有组织运行,极大地促进了知识的生产与交流活动,这就是典型的组织创新。

18世纪支撑法国科学起飞的载体是国立科研机构。伴随启蒙运动的兴起,由国家出资、建制化运行的各类国立科研机构如雨后春笋般涌现。如1635年成立的皇家药用植物园(巴黎自然历史博物馆前身)、1666年成立的巴黎科学院等机构在天文学、数学、物理学和生物学等领域取得了重大成就。正是这类新机构承载了法国科学起飞的使命。这一时期的典型特征是国家实质性地投入资金来发展科学。

19世纪支撑德国科学起飞的载体是工业实验室。在教育改革的加持下,大量人才成功跨越理论与实践的鸿沟,多项关键技术如发电机、内燃机等率先在德国诞生。其中,工业实验室成为支撑科技起飞的最好载体。

1826年,化学家李比希建立了世界上第一个公共性质的大学化学实验室——吉森大学化学实验室,开创了教学与研究结合的新模式。这个实验室成为开展系统性科学研究的核心机构,并培养了大批人才,使德国在有机化学等领域领先世界。德国的工业实验室实现了高水平科研创新与产业化,

不仅实现了资源集聚以及人才激励的最大化,而且创造了一批享誉世界的产品。

20世纪支撑美国科学起飞的载体是研究生院与国家实验室。美国科学在上世纪初的快速崛起得益于4个因素。

首先,大量培养人才。一方面,大量派出学生海外留学。截至20世纪初,仅在德国大学就读的美国学生就有约1万人,若再算上前往欧洲其他国家留学的人数非常庞大。另一方面,改革国内教育体制。19世纪60年代,美国大学开始争相仿效德意志教育体系,这一体系培养出多位伟大人物。被誉为“现代大学之父”的查尔斯·艾略特于1869年被任命为哈佛大学校长,在他1909年卸任时,哈佛大学招生人数是当年的4倍,教员人数是当年的10倍。最为关键的是,他开拓了研究生教育,这一研究生院体系也成为美国高等教育的标志性名片。

其次,实用主义文化观念的确立。19世纪70年代以降,哲学家皮尔士、詹姆斯、杜威等代表人物推动了实用主义哲学兴起,这种新文化逐渐成为美国20世纪40年代以前的主流文化。诚如意大利人帕皮尼所言,与其说实用主义是一种哲学,不如说它是一种无须哲学的做事方式。在笔者看来,实用主义更像美国文化在清教之后的又一次思想解放,并铸就了19世纪70年代到20世纪初美国的“黄金时代”。

再次,基于技术发明的工业革命。彼得·沃森

曾指出,美国内战之后的1870年前后,美国培养出了有史以来乃至整个世界范围内最具独创性的一代发明家。1870年至1918年这半个世纪的美国可与伯里克利时代的雅典、文艺复兴时期的意大利、工业革命时期的英国比肩。1866至1896年,美国每年颁发的专利数量翻了一番以上,这是美国科技在20世纪初腾飞的重要基础之一。

最后,国家实验室的创立。美国革新科技体制,开创了国家实验室这一新型科研组织,通过赋予其长期且具体的国家使命,美国在科技创新方面始终处于全球领先地位。

## 高科技公司是下一代载体

回顾400年来近代科技波澜壮阔的发展历程,可以发现隐藏在其背后的是科技载体的不断更迭与创新。那么,是否有可能出现某些国家或地区绕过其中的某些环节而实现科技腾飞?历史经验告诉我们,那是不可能的。从16世纪到20世纪,支撑科学起飞的载体日趋复杂化,这其中蕴含了基础支撑条件的累积与迭代,而且要求日益提高,但绝不是资源的简单堆积,否则很多石油资源丰富的国家的科学早就起飞了,这种状况并未出现已是明证。

中国历经40多年的改革开放,逐渐把载体的短板与欠账补齐了,作为载体的国家战略科技力量已经初具规模和实力,也到了该起飞的时

候。那么,支撑科学起飞的下一代载体是什么?

经过漫长的历史探寻之后,我们可以大胆地说,在大科学时代,支撑科技腾飞的载体是高科技公司。高科技公司之所以能担当这一使命,原因有三。首先,高科技公司拥有丰富的顶级人才。如2022年Google Scholar的数据显示,谷歌公司有1611名被引次数达到2000次及以上的科学家。2023年发布的Gemini技术报告中作者多达837人,更值得一提的是谷歌2024、2025年连续两年共荣获3项诺贝尔奖、涌现5位诺贝尔奖得主。其他高科技公司也呈现出同样人才集聚的特点。

其次,高科技公司拥有强大的经济实力。如谷歌公司2023年研发投入达454亿美元,其中15%用于基础研究;2024年华为研发投入为1797亿元人民币,占全年销售收入的20.8%。大科学时代需要的科研投入都是巨大的,没有强大的经济实力是无法支撑当代前沿科技研发的。就拿当前“火热”的人工智能大模型来说,每次训练费用动辄几百万甚至上亿美元,更遑论前期的硬件投入,那更是天文数字。如此巨大的投入,只有大公司才能做到。

最后,作为一种独特的组织形式,优秀的高科技公司具有良好的科研生态与激励机制。高科技公司所具有的独特文化是历经多年科研实践积累而成的,与科技活动的内在机制高度匹配。另外,公司的目标导向也能实现人才智力的聚焦与资源使用效率的提升,并且公司所设置的激励机制的强度与及时性对于个体获得认可而言是任何其他组织形式所不具备的。

因此,有理由推断支撑中国下一代科技腾飞最重要的载体很可能是高科技公司。为此,我们必须为高科技公司的健康发展创造良好的生态环境。

(作者分别为上海交通大学科学史与科学文化研究院教授、兰州大学高等教育研究院副教授)