

# 攀登学术高峰 收获研究成果

## ——南京农业大学3项成果获2018年国家科学技术奖

### 编者按

日前,2018年度国家科学技术奖励大会举行,南京农业大学共有3项成果获奖。其中,“菊花优异种质创制与新品种培育”获国家技术发明奖二等奖,“梨优质早、中熟新品种选育与高效育种技术创新”“创制杀菌剂氟烯菌酯选择

性新靶标的发现及产业化应用”2项成果获国家科学技术进步奖二等奖。

“这是南京农业大学历史上第一次3项成果共同摘得大奖,颁奖节点恰逢学校复校40周年,书写了学校历史上里程碑意义的一页;也

是南京农大教师践行服务‘三农’、科技支撑乡村振兴战略实施的生动事例。”南京农业大学副校长丁艳锋表示。

丁艳锋介绍,2011年以来,南京农业大学为第一完成单位的国家科学技术奖励11项,其中技术发明

奖4项、科技进步奖7项。这些获奖成果的学科分布既体现了学校的科研特色与学科优势,更体现了学校科研工作主动对接国家农业农村现代化和乡村振兴战略,在奋力建设“双一流”的进程中,不断攀登学术顶峰,同时将论文书写在大地上。



陈发棣团队在菊花基地



张绍铃指导梨园春季田间管理



周明国在田间做示范推广

## 一朵“金”菊的美丽旅行

2018年金秋,在南京农业大学的定点扶贫县——贵州省黔东南州麻江县宣威镇卡乌药谷江村,800多亩菊花园绚丽迎宾,仅中秋、国庆10天假期就吸引了近18万游客“芳”而来,山沟里的贫困村一下子“火”了。

不仅在贵州大山,在全国版图上,“南农品牌”菊花园竞相开放,以菊花为主题的休闲旅游基地将近20个。

这依托的正是2018年国家科学技术发明奖二等奖团队——南京农业大学菊花遗传育种团队的科技力量。一朵小小菊花,不囿于传统第一产业,而是与二、三产业深度融合,从贵州梯田绽放到青海雪域,拉动产业兴旺、乡村振兴的链条,完成了一场祖国大地的美丽旅行。

### 种“藏”大地 神农传人采百菊

“菊花的花型、花色是植物界中最丰富的,被称为自然界育种的奇迹。”南京农业大学菊花团队负责人、长江学者特聘教授陈发棣介绍。他的导师、原金陵大学教授李鸿渐从1944年开始从事菊花品种搜集保存等工作,距今已有75年历史。

南农湖熟花卉基地,占地150余亩,保存5000多份菊花资源,其中400多个新品种都是由学校自主培育的。这个中国菊花种质资源保存中心,也是目前世界最大的菊花基因库。

菊花基因库里藏着“压箱底”的核心种质资源。陈发棣告诉《中国科学报》,团队率先创建了菊花离体慢速生长保存技术,5-10℃的低温环境能将种质一次世代保存时间拉长至12个月,很好地解决了圃地保存种质易混杂、丢失和感病等难题。

为搜集野生种质资源,从1992年开始,陈发棣一行几乎跑遍全国各地,最高爬上海拔5108米的米拉山口,“捡细针”般地寻找种质。

如今,这股科研“执拗”劲儿感染了团队的中青年骨干,副教授王海滨就是其中之一。为寻找抗寒的野生种质,2018年他先后3次前往青藏高原,扛着氧气瓶,戴着防护工具,在米拉山口找到了宝贵资源紫花亚菊。

古有神农尝百草,今有传人采百菊。团队目前建立起菊花近缘种质抗蚜、耐寒等重要抗性评价体系,鉴定出抗蚜种质19份、耐寒种质16份及其他抗性种质43份,首次发现黄金艾蒿、细裂亚菊分别是抗蚜、耐寒育种的优良种质。

2018年10月,在海拔3000多米的青海高原,从菊花团队引进的园林小菊种植成功,刷新了高寒高海拔地区室外引种园林小菊的纪录。

这样的耐寒新品种是如何育成的?团队成员、南京农大教授陈素梅介绍,团队首创基于控制授粉、胚珠拯救和杂种多色基因原位杂交鉴定的菊花属间抗性种质创制技术,建立以远缘杂交和分子育种相结合的菊花育种新技术体系,大大提高了菊花抗性育种效率。

目前,团队已经创制抗蚜、耐寒等远缘杂种200余份,突破了抗性和花色、花型、株型等性状的综合改良,率先育成绿色、乒乓型和风车型等优质高抗新奇特菊花新品种49个。抗性新品种的推广应用,不仅大大降低生产

成本、减少农药使用,还能延长花期、拓展菊花种植区域,推动我国菊花品种更新和产业升级。

### 花开客来 精准扶贫安“引擎”

“大田栽秧行对行,我在田坝栽花秧……”这是3年前,麻江县高枳村村民易芙蓉唱的山歌。60多岁的她扛着锄头在自家门口就能种植菊花,一个月有2000多元的收入。

2016年以来,南农菊花团队将先进的农业技术、科研成果和管理经验纷纷“嫁接”到麻江,不断加强菊花品种改良,通过种植一片菊花,发展一个产业,链接一批农户,富裕一方百姓。

如今的麻江菊花不仅装点了农户的门前,为贫困户摘去了多年的“帽子”,还绽放到更广阔的天地。350个品种的菊花被引进栽种到谷谷江村,在当地特有梯田上错落有致,竞相绽放。自菊花园开园以来,“贵州麻江品菊季”累计吸引游客近70万人次,带动旅游综合收入近1.2亿元。

这一场美丽的菊花扶贫,不仅通过景区联动带动农户分享红利,还激活了农家庭院经济和传统农业消费的“提档升级”。整个品菊季期间,花生、红薯、小米、党参等当地农产品都在景区外的脱贫集市上找到了不错的销路。客人来到菊园,还带“火”了农家乐。

团队成员、南京农大教授管志勇说:“不仅在贵州麻江,在青海乌兰、湖北麻城、陕西商洛,通过品种和技术带动产业,菊花犹如助力‘引擎’,为精准扶贫插上经济腾飞的翅膀。”

### 花开富民 接“二”连“三”产业兴

“菊花观赏性高、开花晚、花期长,在相对寂寥的秋冬季节是不可多得的观赏花卉。”菊花团队成员、南京农大教授傅伟民说道。

湖熟菊花基地将传统菊展与乡村休闲旅游相结合,打造特有的“菊花经济”模式。从2013年开始,每年有数十万游客前来赏菊,拉动周边相关行业。据地方政府统计,基地去年参观人数达55万人,创收5200万元。

如今,“菊花主题休闲旅游模式”辐射全国,在江苏淮安和射阳、安徽滁州、浙江金华和南浔、湖南临湘等地,南京农大与地方政府或企业合作,形成以菊花新品种展示、菊花文化传播为主,结合农产品展销的休闲旅游农业模式,打造了一副亮丽的“金”字招牌。

团队还致力于菊花功能性系列产品开发。鲜食花朵、泡大朵的苏菊、吃一桌“全菊宴”,在陈发棣眼中已经是“过去式”了,“我们正在积极选育可以吃‘叶子’的菊花品种,既能清炒,也能烧汤,还能炸天妇罗”。

从观赏型到茶饮型、食用型、药用型菊花,团队每年都能在菊花产业链条上翻出新花样。陈发棣说:“市场经济环境下,农业价值需要通过二、三产业来提升,只有将三产有机融合,才能实现农产品附加值,让更多百姓受益。”

南农“金”菊一头搭起扶贫桥,结出富民果;一头连接二、三产业,延展产业链。在陈发棣看来,高校的科研工作要为社会服务做好科技背书,在为贫困地区搭好脉、当好医的同时,也为现有产业安上“引擎”,延伸“链条”。

## 一揽子问到底的中国“梨首席”

2018年,梨优质早、中熟新品种选育与高效育种技术创新获国家科技进步奖二等奖。这是继2011年梨自花结实性种质创制与应用成果获得国家科技进步奖二等奖后,南京农业大学教授张绍铃团队再次获奖。

从基因研究到建立种质资源库,从解决“好吃”“好看”的技术难题到跨越“好种”的推广门槛,身为国家梨产业技术体系首席科学家的张绍铃被亲切地称为“一揽子问到底的中国梨首席”。

### 绘制梨的全球“族谱”

“梨花被称作花中‘冷美人’,由于梨是典型的自交不亲和性物种,不喜欢‘近亲结合’,就是说,只有不同品种的梨之间才能互相授粉。这样一来,梨的杂合度非常高,梨子家族的基因和遗传关系千丝万缕、特别复杂。”张绍铃告诉《中国科学报》。

因此,梨的遗传背景和不同品种之间关系的研究看起来更难,在这基础上的种质资源研究也充满迷雾。

早在上个世纪末,在日本攻读博士学位的张绍铃就敏锐地将视线聚焦在基因组研究上,决心打破梨研究的谜团。回国后,张绍铃团队走遍全国20多个省份,搜集各种梨种质资源。

直到2008年,有了1000多份种质资源打底,张绍铃率先在团队中提出在梨上使用分子标记技术,着手梨的基因组测序。

两年后,张绍铃牵头组织由美国、日本科学家组成的国际梨基因组研究组,推动基因组测序工作实施。2012年,终于在世界上率先绘制完成了梨全基因组精细图谱,不仅清晰展示梨家族的“亲属关系”,揭示亚洲梨和西洋梨的种群分化时间,还将梨繁衍和变迁历史一直追溯到了几百万年前,就像是梨家族描绘了一个完整详细的“族谱”。

梨全基因组图谱的重要完成人之一、南京农大教授吴俊介绍,在这个“族谱”里,团队为来自全世界26个国家的113份代表性种质资源建立了“户口本”,还精确定位了决定每个品种何时开花、何时结果、果实风味、果实外形“变大变小变漂亮”的基因,掌握了控制这些性状的“通关密码”。

### “想要多吃就多吃”

和普通农产品不同,果树育种周期很长,10-15年才能选育成功。老一辈果树学家有的一辈子也只能培育一个新品种,如果方向没选对,甚至几十年下来仍然是“竹篮打水一场空”。不过,掌握了梨的“遗传密码”,这些问题就迎刃而解了。

团队成员、南京农大教授吴巨友介绍,在目前团队开发的遗传图谱里,已注释了梨的4.2万个基因,这些基因提供了梨的重要遗传信息。

研究人员可以用分子标记定位重要性状,在梨育苗期内,就可以像在自助餐一样选择需要的性状,把梨育种从“盲人摸象”似的长期作战,变成了高效精确的“靶向选择”,从而节省大量育种时间和育种用地,提高了育种效率。“有了基因组图谱,光是育种时间就节省了1/3。”吴巨友说。

有了能指挥梨形状、口感、抗性变化的魔法棒,梨育种工作取得了快速突

破,梨子大家族陆续添丁,以往秋天才能挂满枝头的累累硕果,如今夏天就早早出现在人们的果盘里。青翠欲滴的“夏露”,淡雅清俏、汁多脆爽的“夏清”,脆嫩清甜的“早蜜”“宁酥蜜”,红润可爱的“宁霞”……一个个梨界新秀崭露头角。

“夏露”是我国目前梨品种中肉质最为细腻的,到了8月,碧绿的“夏露”挂满枝头,状如绿苹果,但又有梨的多汁和营养,已成为种植户争相引进的新宠。

未来团队还将继续在梨的品质和供应期上下功夫。“我们争取做到,老百姓想什么时候吃就什么时候吃,想要多吃就多吃。”张绍铃说。

### 不光“好吃”,还要“好种”

林轻素媚春光。4月,冷傲的梨花女神盛开,花期只有短短3-5天。这个时候,为梨花授粉的梨农们就爬上高高的梯子,用毛笔蘸了花粉,在枝头一朵花一朵花小心翼翼地点个点。就这样,一个梨农一天下来也不能做完一亩梨树的授粉工作,要是再遇上高温花期短或者雨天,只能望“梨”兴叹了。

另一方面,培养了好的梨品种,但因生产周期长,往往需要砍掉老树种新树,起码4-5年新树才能大量结果,周期太长,梨农经济压力大,推广也因此困难。

农民兄弟切切实实的难题,一道摆在研究人员面前。

为了帮助果农解决生产问题,团队人员尝试几十种配方,经过田间试验,研发出梨树液体授粉营养液配方,成功实现梨树液体授粉,解决了花粉不能均匀溶于水、花粉溶解死亡、花粉容易粘附容器壁、花粉堵塞喷头以及喷粉不均造成授粉效果差等问题,授粉效率比传统人工点授提高约36倍。

2011-2012年,这项新技术在新疆库尔勒和甘肃兰州的示范基地收到良好试验示范效果,田间授粉时间从人工点授用时18小时/亩降低到0.5小时/亩,花粉用量也比传统授粉方法节省1/2-2/3。

库尔勒市包头湖农场的果农谭川江告诉记者,他一打听到这项新技术,便在自家梨园试用。试用当年,他的梨园亩产达2.37吨,比上一年几乎翻了一番,而且梨园坐果均匀,果形端正,卖价也比周边果园高出0.4元/公斤。

“梨首席”的妙招一招接一招。张绍铃带领团队发明梨老品种更新技术,就是保留原树,把新品种的枝条嫁接上去,还指导果农把果树剪成倒“个”形状,降低树形,加强通风透光,便于对果树进行机械化操作,提高果实品质,减少种植用工。

团队还周到地为果农考虑生产的每一个步骤,研发梨优质高效栽培技术,制定《梨施肥技术规程》等地方标准10项,把“精确种梨”发挥到极致。新品种和新技术在全国推广面积400多万亩,经济和社会效益显著。

张绍铃说,梨的品种改良、栽培技术、病虫害防控、土肥与耕作、采后加工、产业经济等等,只要和梨相关的,老百姓需要的,科学家都要关心,一个都不能少。既然是国家梨产业技术体系的首席科学家,就要不断针对我国梨产业存在的问题提出解决方案,这是责任,也是义务,“非要一揽子问到底不可”。

## 一场全面打响的粮食保卫战

在南京农业大学植物保护学院周明国的办公室书架上,自上而下两本鲜红的证书格外醒目,那是周明国团队分别于2010年和2012年获得的科技进步奖二等奖证书。

其“创制杀菌剂氟烯菌酯选择性新靶标的发现及产业化应用”再次捧得2018年国家科学技术进步奖二等奖。他书架上虚位以待的位置,将被第3本沉甸甸的“国奖”证书占据。

### 知己知彼: 三中“国奖”的“兵法”

上世纪70年代中期,一场突如其来的小麦赤霉病席卷长江中下游和淮河流域,导致小麦产量遭受重大损失。“我家人当时吃了自己种的小麦都会莫名其妙地呕吐。”时隔40年,周明国依然对当时小麦赤霉病对产量和人的健康危害记忆犹新。

“我是研究农药和植物病害防控的。”周明国毫不避讳自己的研究方向,“老百姓常谈‘药’色变,不过我有信心,我们研制的农药比有的医药还要安全。”他专注研究的农药属于杀菌剂范畴。

知己知彼,百战不殆,是周明国团队信心十足对付“敌人”的“兵法”。

初步探明“敌人”活动的基本情况,研发有效的武器和作战方案,是2010年周明国团队以第二完成单位获得国家科技进步奖二等奖项目完成的主要任务。团队不仅发现导致小麦赤霉病的“罪魁祸首”——一类叫做“镰刀菌”的微生物,还对其致病机理、流行规律及防治方法尽在掌握。

美国一家公司推出一种名叫“多菌灵”的杀菌剂,在我国市场上,“多菌灵”不仅被用来对付镰刀菌,防治小麦赤霉病和水稻恶苗病,还被广泛用于其他多种作物病害防治。然而不久,局部地区相继暴发可怕的重大粮食作物抗药性灾害。

“面对化学武器长期消杀,病菌也在不断演化,形成应对‘多菌灵’的抗性变异群体。”周明国说,这样一来,原有的杀菌剂非但没能让镰刀菌“滚蛋”,反而让小麦和水稻的病情恶化,甚至刺激病菌产生更多的DON毒素。记忆中40年前让人呕吐的就是DON毒素。

2012年,团队找到“多菌灵”在这场防治战役中屡战屡败的原因。周明国以第一完成人身份获得国家科技进步奖二等奖,其深明水稻恶苗病、油菜菌核病和小麦赤霉病等作物病原抗药性的发生、发展规律,研发快速诊断技术,一步步摸清“敌人”在对付我国传统农药“多菌灵”的惯用“伎俩”,并研发出新式“武器”。

“这是一种具有自主知识产权、专门对付镰刀菌的‘新武器’!”周明国说,这种叫做“氟烯菌酯”的武器,在防治小麦赤霉病方面的威力不仅高于“多菌灵”3倍,用药量还可减少一半以上,更能降低小麦粒中90%的镰刀菌毒素,对动植物和环境微生物特别安全。

### “擒贼先擒王”: 更精准“靶标”的发现

有了“新武器”助力,在2012年以后的全新攻关周期里,周明国团队开始着眼于“训练”如何让“氟烯菌酯”杀菌的“枪法”更为精准。

“我们发现杀菌剂极其重要的新靶标——肌球蛋白-5。”这是一种生命体活动中不可或缺的生物大分子,已被国际杀菌剂抗性行动委员会(FRAC)认定为全新的选择性杀菌剂新靶标——马达蛋白。顾名思义,这一类靶标具有“马达”般的超强活力,在细胞营养运输中具有提供能量的关键作用,是病原体体内当之无愧的“王牌”蛋白。

周明国透露说,尽管采用了延缓氟烯菌酯抗性的应用技术,但是抗性迟早还会卷土重来。刚刚从领奖台上走下来的周明国团队,已经踏上了这场粮食保卫战的新的战场。

(本版文字由本报记者王方,通讯员许天颖、陈洁、赵焯焯撰写)

“这就如同汽车的引擎,能给汽车前进的充足马力。”而更让周明国团队兴奋的是,“它是新式武器‘氟烯菌酯’所要攻击的靶标。”

“这就如同击穿了汽车的引擎,汽车还能开吗?”周明国比喻道,作为镰刀菌营养运输的“马达”,一旦被氟烯菌酯“瞄准”击破,镰刀菌必然“一枪毙命”,可谓“擒贼先擒王”。

为了让氟烯菌酯能像巡航导弹一样精准发射,百发百中,团队经过进一步深入研究,发现肌球蛋白-5特定的第216、217、418和420位氨基酸残基正是其关键位点。也就是说,团队探明了肌球蛋白的致命“软肋”,只要研发的杀菌剂能够精准“靶心”,镰刀菌一定“在劫难逃”。

“我们的成果未来甚至可以被进一步开发,用于治疗由镰刀菌引起的人类疾病。”周明国说,肌球蛋白药物靶标的发现,不仅为农用杀菌剂的研发提供选择性新靶标,还为新医药的开发提供有效参考。

### “缓兵之计”: 延缓镰刀菌抗药性发展

即使有了精良的“武器”,掌握了敌人的“软肋”,也并不意味着能“一战而定”。这是因为肌球蛋白结构总是在不断变化。

多变的肌球蛋白具有高度的选择性,对其他生物特别安全;但它也会利用自己的“百变”特性,不断改变之前曾与药剂完美对位的“靶位”结构,躲避打击而产生的抗药性,让药剂效果丧失殆尽。

团队未雨绸缪,对此保持高度警惕,探明“敌人”变异规律和性质,力争把镰刀菌再次产生抗药性的周期拉长,为研制更加精良的“武器”腾出时间。“这也是一种缓兵之计。”周明国说。

进一步探明肌球蛋白-5对药物敏感性的分化机制,发现其至少有12个氨基酸残基可发生不同水平的抗药性变化,揭示各位点变异频率和抗性风险。

团队还特别研制“组合型武器”,可根据不同生态区域病害发生的特征和抗药性发展风险,同时攻击不同靶位。核心药剂“氟烯菌酯”与戊唑醇等药剂的4种增效组合杀菌剂获得了国家农药正式登记,它们同时具有防治多种病害、延缓抗药性、降低毒素等作用,而且用药量还比“多菌灵”减少60%。

这种氟烯菌酯抗性治理策略被FRAC高度认可,将其作为合理应用肌球蛋白抑制剂的科学依据。

摸清了规律,研制了新药,就要让实验室里的科研成果实实在在地“落地”。单碱基变异的抗性药LAMP简便快速诊断技术的发明,实现抗性实时高通量检测,让这一愿望变成现实。

首先在“多菌灵”和咪唑胺抗性发生严重的地方进行成果推广和应用。他们采用LAMP检测法,在田间地头随时随地监测,短短4-5个小时就能让老百姓看到结果。有了大量真实的药敏性检测数据,再让新的组合武器“闪亮登场”,一旦药效与“多菌灵”形成鲜明对比,粮农必然对这一最新成果“心服口服”。

周明国说,仅在近3年,团队已在病害发生最为严重的10个省市推广肌球蛋白抑制剂系列产品,防控小麦赤霉病和水稻恶苗病9000多万亩,减少用药4650吨,减损粮食340万吨,降低麦粒真菌毒素含量85%,保证了粮食品质,减少经济损失220多亿元,成为防治赤霉病和恶苗病家喻户晓的首选技术,实现社会效益和经济效益双丰收。

周明国透露说,尽管采用了延缓氟烯菌酯抗性的应用技术,但是抗性迟早还会卷土重来。刚刚从领奖台上走下来的周明国团队,已经踏上了这场粮食保卫战的新的战场。