细数国家奖里“舌尖上的安全”

■本报记者 李晨

1 月 10 日出炉的 2019 年度国家科学技术奖共评选出 296 个获奖项目。其中,农业科技领域获奖项目达 39 项。获奖项目呈现出一大特点是农产品安全及深加工技术实现新突破。

从农田土壤环境重金属阻控技术到高效安全绿色新农药创制,从另辟蹊径不用农药杀灭虫害到探明农药残留机理打消消费者疑虑,再到全面的农产品安全检测手段,国家奖里的农产品安全技术有力提升了从农田到餐桌全过程的消费安全水平。

绿色阻控:切断重金属“入侵”途径

通过稻田喷施一种新型材料纳米硅溶胶,就能改变水稻植株中重金属的分配,减少稻米中的重金属积累。广东省生态环境技术研究所所长、研究员李芳柏团队的成果获得 2019 年度国家科学技术进步奖二等奖。

李芳柏告诉《中国科学报》,我国农田土壤重金属污染治理已成为重大国家需求,水稻是重金属超标最为严重的粮食作物,而镉 / 砷污染稻田是农田重金属污染治理的重点与难点。“以农产品安全为目标,定向调控重金属活性、阻隔其转移的阻控技术,是农田重金属污染治理的新思路,对解决稻田重金属污染治理难题具有重大意义。”

大面积轻中度污染稻田安全利用的关键,是降低重金属活性、抑制向籽粒转移的阻控技术。李芳柏表示,该成果历经 10 余年联合攻关,在国内外率先创建了土壤—水稻系统“多界面—多过程—多元素”的阻控技术体系,取得了系统性创新成果。

铁是稻田中最为重要的活性元素,稻田铁循环是连接养分循环与镉 / 砷行为的枢纽。李芳柏介绍,调控铁与碳 / 氮循环的耦合过程,可降低土壤中镉 / 砷向水稻根系迁移的活性,从而减少水稻植株吸收积累镉 / 砷。

而硅与硒等营养元素与水稻镉 / 砷吸收转运密切相关,外源施加硅 / 硒养分可降低水稻吸收、转运镉 / 砷的功能基因表达,提高其解毒功能基因表达,从而抑制镉 / 砷从水稻根系向籽粒的转运。

基于以上原理,李芳柏带领团队研发了硅 / 硒营养调控的生理阻隔技术、铁循环调控的钝化技术,并研制了相应的产品,可有效降低稻米中镉 / 砷含量,从而提高稻米的安全性,具有广阔的应用前景。

这套生理阻隔技术目前已达到产业化水平,通过技术转让,建立了 5 条产业化生产线,6 个产品获行业认证。前文提及的纳米硅溶胶,就是该研究落地和产业化的成果之一。

采用这些产品,能让土壤中镉砷活性下降 60%,铁膜固定量提高 1 倍,镉从根至籽粒的转运系数下降高达 40%。专家认为,这项技术填补了稻田镉砷同步钝化的国内外空白,实现了阻控技术的完全自主创新。

经过湖南、广东、广西等多省份多年系列应用,效果优于国内外同类技术,成本低于美日先进技术。“实现了‘土十条’规定的 90%达标率的目标,为打赢国家净土保卫战创建了可靠、有效的技术体系。”李芳柏说。

绿色生产:给“两减”目标吃下“定心丸”

绿色农药的创制一直是中国工程院院士、贵州大学校长宋宝安几十年来的研究重点。宋宝安领衔的项目获得 2019 年度国家科学技术进步奖二等奖。

过去,针对蔬菜、水稻等作物主要病虫害的药剂品种单一、剂型老化、抗药性加剧、飞防专用药剂短缺。宋宝安团队创制的仿生型杀菌剂丁吡吗啉,比常规药剂烯酰吗啉防效提高 15%,兼防炭疽病,对作物与环境安全;开发的噻虫胺和噻虫嗪等微胶囊颗粒剂,比克百威防效提高 12%,增产 6%以上,减药 50%以上,解决了现有药剂安全性差的难题。近 3 年推广应用 4127 万亩次,为植保科技进步、农药行业发展、农产品安全做出了贡献。

而中国农业科学院蔬菜与花卉研究所研究员张友军团队,则针对韭蛆这种为害 30 多种蔬菜的害虫,另辟蹊径,不用农药就达到了理想的防治效果。这项独创性技术获得了 2019 年度国家科学技术进步奖二等奖。

从南到北,张友军带领团队走遍了我国韭菜主产区,进行大量调研、信息收集,将田间问题带回实验室进行系统研究,再将研究成果返回田间进行跟踪验证。

经过 17 年的钻研,张友军团队首次明确了高温是抑制韭蛆种群增长的关键因子,并利用韭蛆与韭菜对高温耐受性的差异,开创性地发明了“日晒高温覆膜”防治韭蛆新技术,在无需使用任何化学药剂的情况下,就能将韭蛆 100%杀死,而且还能提高韭菜产量,促进其根系生长。这一防控体系给韭菜安全生产提供了技术保障。

过去 3 年,以“日晒高温覆膜法”为核心的韭蛆防控技术体系在山东、河北、山西、河南等 13 个省市韭菜主产区进行了推广应用,将韭菜原有合格率从不足 30%提高到 97%。山东省寿光市化农镇综合服务站站长张利焕告诉记者:“用日晒高温覆膜法彻底解决了韭蛆的问题,不仅节省了成本,提高了产量,重要的是韭菜质量安全有保障,再也不用担心出事了。当天揭完膜就能看到防治效果,比打农药快多了。”

张友军说:“核心技术‘日晒高温覆膜法’不仅能够消灭韭蛆,还能兼治土壤中其它不耐高温的病虫草害,大大减少作物生长后期病虫草的危害,对促进农民增收、农业增效、生态保护和乡村振兴具有非常重要的意义。”

绿色标准:让消费者放宽心

自上世纪 80 年代以来,茶叶中的农药和污染物残留问题就成为影响茶叶“健康”属性、对外贸易和茶产业绿色发展的重大负面因素。

“茶农手里的茶卖不出去,喝茶的人喝得也不放心。解决这两个问题,我们的茶产业才能变好。”中国工程院院士、中国农业科学院茶叶研究所研究员陈宗懋告诉《中国科学报》。围绕两大问题取得的系列科研成果获得了 2019 年度国家科学技术进步奖二等奖。

陈宗懋通过国内外调研发现,国际上是参照水果、蔬菜、粮食等食用作物标准来制定茶叶中最大残留限量(MRLs)标准,忽略了茶叶最主要的消费方式是饮用而非食用的特性。陈宗懋带领团队研究发现,干茶中的农药残留量与进入茶汤中的量相比,差距可达 300 倍。这就明确了国际上沿用 40 多年的以干茶中的残留量为基准制定 MRLs 的惯例并不科学,它过高估计了农药和污染物残留通过饮茶方式造成的人体健康风险。

陈宗懋因此率先提出,要以茶汤中的残留量作为“有效风险量”的概念,探明了农药和污染物的水溶解度是有效风险量的决定因素,也是适用农药和禁限用农药确定的主要物化条件,并于 1988 年提出以有效风险量制定茶叶中 MRLs 的原则。

经过近 30 年不懈努力,该原则已被国际官方机构和主要产茶国、消费国认可,用于 MRLs 制定和饮茶风险评价,重构了茶叶中 MRLs 制定的国际规范,从源头上保证了 MRLs 制定的科学性。

“如何选择适合的茶园用农药是我一直想解决的一个问题,因为用什么农药直接关系到饮茶者的健康风险暴露。”陈宗懋和团队陆续开展了残留农药在茶叶种植和加工过程中的沉积和消解规律研究,形成我国第一个在产前选用农药的作物评估体系,解决了茶产业中农药安全选用问题,降低了消费者和茶园作业人员的高毒高风险农药暴露风险。

此外,他们联合浙江大学,针对高检出率的新烟碱类农药,研发了单克隆抗体靶向识别检测技术,实现了茶鲜叶和干茶中 4 种新烟碱农药的高灵敏、特异性、方便快捷、低成本的快速检测,检测成本仅为质谱测定的 5%。

绿色检测:做农产品安全卫士

如何实现对农产品中农药、违禁添加物等化学污染物的精准识别与确证检测,为农产品中化学污染物的有效监管提供更加精准的手段,是中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所研究员王静团队一直期望解决的问题。该团队十几年来的系列科研成果获得了 2019 年度国家技术发明奖二等奖。

存在于农产品中的许多农药、违禁添加物及环境污染物等含量很低,而农产品样品基质比较复杂,一些目标物采用常规的方法很难从样品中准确高效提取出来。从 2007 年开始,王静带领团队潜心研究一种特异性识别材料——分子印迹聚合物,俗称人工抗体。这种材料可以量身定制,就像钥匙和锁的关系,目标物相当于钥匙,而分子印迹聚合物相当于锁,一把钥匙只能开一把锁,对需要检测的目标物具有特异性识别的能力,能够从复杂的农产品样品中把所需要的目标物精准“抓取”出来。

王静团队结合量子化学理论预测技术,进行了全程创新,发明了“类特异性”分子印迹设计技术,突破了分子印迹聚合物识别种类少的技术瓶颈,大大扩展了一次可同时萃取的目标物种类,先后成功研制了 14 类覆盖 109 种化学污染物的分子印迹固相萃取柱。

这些产品弥补和解决了农产品样品前处理不能精准特异性提取的技术瓶颈。目前,系列专利群已实现了技术转让和成果转化。王静团队和北京勤邦生物技术有限公司通力合作,成功制备了对硫磷、毒死蜱、克百威、三唑磷等亲和性好、抗干扰能力强的 44 个化学污染物抗体,为实现快速检测提供了核心材料。

经过 10 余年系统研究,以检得准、检得快、检得多为目标,王静带领团队在分子印迹设计、核心识别材料创制、免疫检测增敏等核心技术上取得了重大突破,在保障农产品质量安全和消费者安全方面发挥了重要作用。

为水稻表观遗传研究打开一扇门

■本报记者 胡珉琦

DNA 测序技术发明之后,科学家认为可以通过 DNA 全基因组测序解析生命的全部密码。然而渐渐的,他们发现有些重要信息并不编码于 DNA 序列里面,即便基因序列没有发生变化,生物体的表型也可以改变。这种研究被称为“表观遗传学”。继传统遗传学之后,表观遗传学如火如荼地发展起来了。

中国科学院院士、中科院遗传与发育生物学研究所(以下简称遗传发育所)研究员曹晓风及其团队花了 11 年时间,开辟了水稻表观遗传研究的新方向,在组蛋白甲基化、小 RNA 调控植物生长发育和转座子活性的机制研究领域取得了一系列系统性原创成果。相关成果获得 2019 年度国家自然科学奖二等奖。

另起炉灶

2003 年 6 月,曹晓风从美国加州大学洛杉矶分校来到中科院遗传发育所。那时,国内的植物表观遗传学研究才刚刚开始。

获奖团队成员、遗传发育所副研究员刘春艳介绍,表观遗传主要包括了三种重要的机制,DNA 甲基化、组蛋白修饰和小 RNA 调控。DNA 甲基化不仅是当时国际上研究的主流,也是曹晓风已经站稳脚跟的方向。然而,为了与美国导师的研究工作更有区分度,作为表观遗传学研究领域很有实力的一位新秀,曹晓风选择了“人烟稀少”的地方,从头开始。

组蛋白甲基化是组蛋白修饰中最为重要、最为复杂的一种修饰,在维持染色体功能以及各种细胞生理活动的调控过程中发挥着重要作用。组蛋白甲基化过程是由甲基转移酶来完成的。围绕植物组蛋白甲基化是如何生成的问题,曹晓风选择的第一个突破口,就是建立和优化纯化手段,从花椰菜中分离纯化植物组蛋白甲基转移酶。

回国近半年,曹晓风经过反复尝试、失败、调整、优化,终于建立了甲基转移酶纯化体系,为后续一系列工作奠定了基础。

可紧接着,新的挑战接踵而至。

先前,科学家认为组蛋白的甲基化作用是稳定而不可逆的。但 2004 年,在哺乳动物中发现这一过程是可逆的,起关键作用的就是去甲基化酶。

这是一个令人欣喜的发现。于是,曹晓风把目光投向了植物组蛋白甲基化去除这一表观遗传调控的重要机制。获奖团队成员、遗传发育所研究员陆发隆表示,他们花了 2 年时间先建立起了植物体内组蛋白去甲基化酶活性检测体系,最终鉴定了首个植物 H3K27me3 去甲基化酶 REF6。并指出其不是哺乳动物中 H3K27me3 去甲基化酶的直系同源物,这也改变了学界过去的猜想。

这项研究阐明了组蛋白甲基化调控基因表达和植物发育的机理,填补了组蛋白修饰调控机制方面的一个空白。

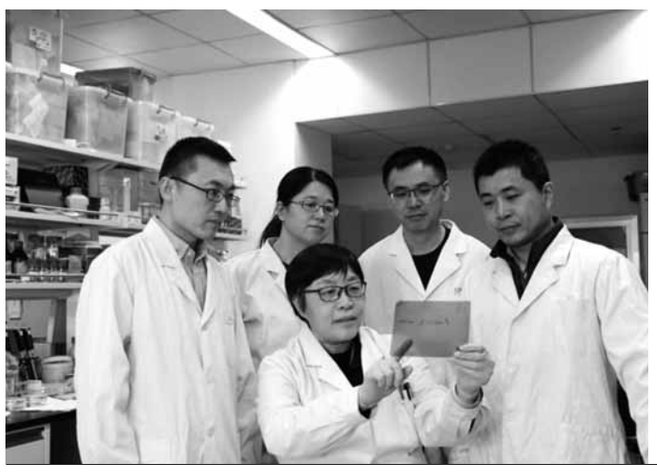
为转座子“正名”

就一个团队的长远发展而言,布局大方向中不同的小研究方向,保持研究体系的完整性很重要。曹晓风并没有“把所有鸡蛋放在一个篮子里”。

在组蛋白甲基化研究的同时,曹晓风团队在国际上率先开展了作物小分子 RNA 的研究。他们明确了负责小分子 RNA 加工的关键酶 DCL 蛋白家族成员在各种小分子 RNA 生物合成途径和控制水稻重要农艺性状中的功能,揭示了小分子 RNA 对水稻生长发育的调控作用。

随着研究的深入,他们发现转座子是小分子 RNA 的重要来源。可在过去,转座子一直被认为是“垃圾 DNA”。

因发现转座子而获得 1983 年诺贝尔生理学或医学奖的科学家麦克林托克,曾提出“转座子调控元件”假说,但始终没能在基因组水平上得到证实。



曹晓风和获奖团队成员正在解析实验结果(前排为曹晓风,后排左起:刘斌、刘春艳、宋显伟、陆发隆)。 曹晓风供图

曹晓风团队的研究发现,水稻中大量散布于基因附近的 MITE 类转座子可产生小 RNA,并精细调控旁侧基因的表达。“我们首次在全基因组水平上证实了麦克林托克的假设,指出小 RNA 可以和转座子互为影响,从而调控周围基因的表达。”刘春艳说,转座子并不是垃圾 DNA,它在生物进化和环境适应性中扮演了很重要的角色,这也为从表观遗传角度进行作物分子育种提供了新的线索和手段。

中科院院士李家洋在接受《中国科学报》采访时表示,曹晓风团队发现水稻中小分子 RNA 和组蛋白甲基化有着内在的相互调控关系,植物组蛋白甲基化在调控转座子沉默中发挥着重要作用,“其实这是一个完整的表观遗传调控机制的不同方面”。

李家洋评价,曹晓风团队在该领域的一系列系统性原创成果不仅为进一步揭示表观遗传调控机制在植物生长发育和环境响应中的功能打下基础,也开辟了水稻表观遗传学研究的新方向,引领了学科的发展,为从表观遗传层面研究作物重要农艺性状奠定了坚实的基础。

育人之道

陆发隆是最早加入曹晓风团队的学生之一,当年,正是通过组蛋白甲基化与去甲基化这项研究,让他迅速成长为可以独当一面的科研人员。如今,“曹老师的学生中在国内外担任教授的已有十四五位之多,这对一个建成 16 年的实验室来说,很不容易”。

她一直倡导一种开放的科研文化。“曹老师十分看重学术同行的交流,也鼓励学生多参加学术会议,学会自我表达。”刘春艳还记得,相关或跨学科领域的专家常常被邀请来实验室,“尤其在我们的一些研究处于萌芽或者进行到一半的关键时期,为我们提供建设性意见,帮助我们打开思路”。

1 月 10 日上午,国家科学技术奖励大会结束后,曹晓风就马不停蹄赶回遗传发育所,参加基因组生物学研究中心学术年会。在陆发隆心里,即便过去这么多年,那个当年经常夜里不回家、在沙发上醒来就投入研究的曹晓风,依然是实验室最用功的那个科学家。

扶贫纪事

科技油茶铺就脱贫坦途

■本报记者 张晴丹 通讯员 宋平

姚小华(左)在光山县油茶良种试验林查看油茶长势情况。 亚林所供图

望着那漫山遍野的油茶林,油茶专家姚小华的心里感到十分欣慰。十年前,河南省光山县油茶种植产业还是屡战屡败,直到中国林业科学研究院亚热带林业研究所(以下简称亚林所)的科技工作者带来了良种和良法,才让一切有了转机。

亚林所老中青三代油茶科技工作者,联合全国同行,历经半个多世纪的品种筛选和技术攻关,终于在油茶良种选育、良种快繁、高效栽培等领域取得丰硕成果,有着“东方橄榄油”美誉的油茶为贫困山区、林区的经济发展带去福音,成了林农手里的“金元宝”。

油茶良种是关键

在光山县,“一亩油茶百斤油,又娶媳妇又盖楼”可不是一句大话。光山县油茶树种植面积已超过 22 万亩。其中,仅司马光油茶园就覆盖 6 个乡 41 个村民组,带动 390 户贫困户增收,安置 2000 多名周边群众就业。5 个大型企业进驻光山县开展高产品种规模生产基地营建,并建立现代化生产企业 2 家。

“这是科技油茶。这里的油茶可都是经过层层筛选,精心选育出来的,它们叫‘长林系高产组合’,如长林 53 号、长林 4 号、长林 40 号等,在我国广大主产区独树一帜,在北部区域还有长林 18 号和长林 23 号。”国家油茶科学中心首席专家、亚林所木本油料团队负责人姚小华在接受《中国科学报》采访时如是说。

作为这片油茶林的育种技术支撑专家,姚小华指出,“油茶好不好,良种是关键”。在我国油茶品种选育研究过程中,“长林”系列品种选育推出的时间相对较晚,但和他们团队早期选育的其它品种相比,“长林”系列具有总体产量高的特性,且产果量大,含油率、出油率高,果皮薄。此外,“长林”系列还具有较高的抗病特性。

经由多次油茶大树试验和多次小苗跟进试验、塑料薄膜持续保湿栽植试验后,“长林”系列被证实是适宜光山县栽培的品种。种植 7 到 8 年后,油茶产果量可达到每亩 750 公斤以上,每亩效益 3000 元以上。由于栽培管理容易、效益好且适应当地大面积发展,光山县从只有零星油茶种植,发展成拥有数万亩高产示范林的主产县,成为我国北部油茶产区的典范。

科学种植管理

2019 年 3 月,正赶上雨季,也是油茶苗移栽种植的好时节。亚林所木本油料团队奔赴各地,将良种种苗和生产技术及时送到各地。

研究员王开良带领的种植加工小分队来到广西壮族自治区龙胜各族自治县。一下车,王开良就直奔油茶基地而去。“来一次不容易,刚好还赶上好时候,如果不抓点紧,今年的任务可就很难完成了。咱们做林业的,不像其它行业,错过可就是一年。”王开良说。

王开良明白,现在最重要的是做好良种的适应性筛选,为农民提供最新的种植技术,帮助他们更科学地种好、管理好油茶树。

在劳动力日益缺乏的农村,如何吸引更多外出务工村民返乡种地是一个难题。种油茶是一次投入、长期收益的投资,而且务工、种植两不误。农民主要在第 1 年投入种苗、肥料等成本,以后每年除草 1 到 2 次、施肥 1 次、修剪 1 次,然后就是果实采摘和晾晒了。油茶进入盛果期后,管理成本会更低,给农民带来的收益反而更高。王开良说,种油茶不耽误农民在外务工,只要按照科学的技术规范种植,一年管理几次,就可以保证有比较好的效益。

近三年来,亚林所木本油料团队以贫困地区为重点,应用选育的“长林”系列品种,在黔东南建立高产示范基地,并分别在广西的龙胜县、罗城县、昭平县营建油茶高标准示范林 133 亩、150 亩、200 亩。运用品种配置、轻基质容器苗、大穴大肥、薄膜覆盖、中药材间作等新技术,提高油茶的造林成活率和综合效益。王开良说:“这些技术和品种可辐射周边油茶种植 3 万亩,进入盛产期每亩可提高效益 2000 元以上,每个贫困户种植 5 亩即可确保长期脱贫。”

绿色视野

轻简技术让油菜种植省心省力

■本报记者 张晴丹

水稻—油菜复种是我国南方主要复种模式之一。作为南方唯一越冬油料作物,油菜在利用冬闲田方面扮演着重要的角色。不过,随着农村劳动力结构的变化,近年来种地成本越来越高,给油菜产业带来了不小的冲击。推行轻简化栽培技术已是大势所趋。

近日,“油菜飞播秸秆全量还田轻简高效生产模式”采用免耕飞播、机械开沟、油菜专用缓释肥等多项融合技术,有效解决了水稻秸秆还田难、生产成本高等问题,节本、增产和增收效果显著,已在全国多地推广,为油菜种植开辟新路。

很多因素影响着油菜的生产。该模式主要负责人、华中农业大学教授鲁剑巍在接受《中国科学报》采访时说,有些地方水稻收获期晚,留给油菜的播种茬口紧张,待稻田耕整好后气温往往较低,导致油菜早期生长的积温不足,苗情差,越冬困难;有些地方稻田土壤湿度较大,机械无法及时耕作,等到稻田土壤自然干燥时已过了油菜适宜播种期。“导致油菜籽单产水平低,影响种植经济收益,甚至导致农民失去种菜信心。”鲁剑巍说。

“现在,农民种植积极性都不高,冬季很多田都空着。”华中农业大学植物科技学院副教授汪波告诉《中国科学报》,据估计,长江流域有近 9000 万亩冬闲田待开发利用,油菜种植有很大的空间。“如何减轻农民负担,提高生产动力,是我们一直在思考的问题。”

该团队自 2015 年开始在湖北省武穴市等地开展相关研究。他们选用华油杂 62、华早 291、阳光 2009、华油杂 13 号等优质品种,用无人机直播。“采用这项模式,减少水稻收获后的田地翻耕整理工序,节约 1 周以上时间,有效解决稻油轮作时茬口的矛盾。”汪波说。

鲁剑巍介绍,机械收割水稻时留高桩原位粉碎还田解决了秸秆处理问题,还能保证播种后有充足的水分促进油菜种子萌发。在飞播时一次性施用油菜专用缓释肥,“就能提供油菜整个生育期所需要的全部养分,后续不用再追肥,省事省心也省力”。

2018 年,在国家和湖北省农业技术推广部门的大力支持下,该团队加大示范推广力度,在湖北省武穴、蕲春、荆州、应城、巴东、监利等油菜主产县(市)进行示范。结果表明,与稻田清草整地或稻草翻压旋耕直播模式相比,该模式每亩增产油菜籽 7.3~45.2 公斤,成本减少 23.8~41.8 元,增收 75.3~223.0 元 / 亩。

一气呵成的轻简化技术,易于被农民接受。湖北省农业农村厅油菜办公室副主任鲁明星介绍,从 2019 年开始,湖北省将这一种植模式作为主推技术在全省进行推广应用,全省示范应用面积达 50 万亩以上。

“这项技术,为我国南方减少冬闲田和发展油菜产业提供了非常好的样板和思路。”鲁剑巍表示。