

# 汇智聚力 加强全国科技创新中心建设

## ——“2016年北京市科学技术奖”获奖项目巡礼(六)

**编者按** 科技是现代农业发展的决定力量。北京市农业发展的现状和特点决定了不能走规模化道路,不能依靠大农业改造和发展农业,只能通过加强农业领域科技创新,利用科技手段改造和提高农业生产效率。近年来,北京市全面实施创新驱动发展战略,加快全国科技创新中心建设,不断改革创新机制体制、突破技术瓶颈、优化产业链条,倾力打造全国现代农业科技创新制高点和国家现代农业发展示范区,为北京市都市型现代农业全面、协调、可持续发展提供坚实的科技支撑,一批立足自主创新、提高人民生活质量、服务经济社会发展的优秀科技成果涌现出来。今天,我们将介绍其中的两个惠及民生的农业领域优秀科技成果。

# 农产品化学污染物检测:保障舌尖上的安全

本报记者 申明

对于煮夫、主妇们而言,“农药残留”是买菜做饭时最在意的事。实际上,通过近十几年的发展,我国已经建立了较完善的农产品质量安全保障体系。实行最严谨的标准、最严格的监管、最严厉的处罚、最严肃的问责。其中,检测技术就是保障我们餐桌安全重要的科技支撑。

有这么一群人,他们默默在背后为我们构建了一道安全的食品防护墙。十几年来,由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带领的研究团队,不断攻克农产品质量安全检测技术瓶颈,取得一系列重要突破。

项目团队经过十几年的系统研究和科技创新,通过研究纳米增敏仿生识别技术、信号放大化学发光免疫技术、低碳环保高通量样品前处理技术等关键技术,研发了25种快速检测方法及产品,创建了20多套覆盖400多种化学污染物的确证检测方法,形成了15项国家/行业/团体标准,实现了农产品中系列典型化学污染物的高灵敏、高通量的精准识别与确证检测,并在全国范围内进行示范和推广,取得了显著成效。在2016年北京市科学技术奖评选中,该项目荣获一等奖。

### 化学污染物检测为何这么难?

食品安全事关国计民生与社会稳定,备受政府和消费者关注。我国每年由食品质量安全事件导致的经济损失巨大。

“化学污染物仍是影响我国食品质量安全的重要因素。”王静说,农产品作为食品的源头,不仅有在农产品生产过程中因病虫害用药后形成的农药残留,在生产环境中被吸附的多环芳烃等环境污染物,还有生长中与微生物体作用而形成的各种代谢衍生物,再加上农产品具有鲜活的特点,完全依赖实验室大型仪器检测将严重制约农产品质量安全的监管。

“研发适合农产品生产、消费习惯的农产品质量安全检测技术,才能真正实现产地准出、市场准入,才能给老百姓提供安全食品。”王静说。

看似简单的农药残留检测,其实不简单。王静告

诉记者,不同种类的农产品均有较大差异,“因此即使检测一种农药残留,其方法也未必适用于所有的农产品基质”。

此外,由于农产品养殖环节复杂,农药、兽药等农业投入品的使用以及环境污染等均可引起化学污染物残留,因此,农产品安全检测往往需要在同一个农产品中检测多达几十种甚至几百种的化学污染物残留。

“由于农产品的价格相对较低,每增加一个检测环节,就会在一定程度上增加农产品的价格,因此农产品中化学污染物残留检测相对于其他产品中的化学污染物残留检测除了考虑方法的可靠性外,更要考虑检测方法的成本,无疑也增加了农产品中的化学污染物残留检测难度。”

那么用一种方法是否可以一劳永逸的解决残留检测问题?

“这是非常理想的想法!”王静说,“不同化学污染物残留往往需要采用不同的检测方法,到目前为止,尚不能实现一种方法可以一劳永逸的解决农产品的所有残留检测问题。但随着新材料新技术的研发和应用,便携、快速、精准的多类污染物同时检测的方法将会更好地解决农产品的残留检测问题。”

### 构建了20多套化学污染物残留检测技术体系

据了解,传统的检测方法包括两个方面,即传统的前处理方法和传统的分析方法。王静表示,传统的前处理技术包括液液萃取技术、层析净化技术等,在复杂体系的化学污染物检测中仍然发挥着重要的作用,但这些前处理技术步骤相对繁琐,溶剂消耗量大,污染环境。

“如何提高传统前处理技术的特异性、操作简便性,以及减少溶剂消耗,一直是科研人员致力的研究方向。”王静说。

目前,我国在农药及助剂、兽药、违禁添加剂及环境污染物等典型化学污染物的快速检测与确证技术方面依然存在一些难以突破的技术瓶颈,如精准稳定的商品化农药快速检测产品的匮乏与兽药、违禁添加剂快速检测产品



三唑磷化学发光免疫分析试剂盒



快速检测试剂盒

种类不足,导致不能实现典型化学污染物的快速高效识别;高选择性样品前处理技术的缺失导致复杂基质干扰严重;化学污染物确证技术及其方法和限量标准覆盖面不全导致难以实现农产品质量安全的全程风险监控。

在研发中,项目团队遇到的最大技术挑战是如何提高快速检测试剂盒、试纸条的稳定性和灵敏度,如抗原抗体反应、标记酶显色及鲁米诺化学发光反应很容易受到果蔬或肉蛋奶样品中色素、蛋白、脂肪等因素的影响。

“针对这个问题,我们在筛选抗体过程中,就加入了不同的样品基质,使得能够很好抵抗基质的干扰的细胞株从一开始被筛选出来,这样制备得到的抗体与化学污染物反应时,就能很好抵抗样品基质的干扰。”王静说。

项目组在基质的干扰及影响竞争敏感性的关键因子方面开展系统研究,取得了很好的突破,研制了化学发光核心敏感配方,并开发出可以快速检测农药、违禁添加剂的酶联免疫试剂盒、金标试纸条、化学发光试剂盒。

项目组基于酶抑制原理研发了农药多残留速测技术,在核心配方上进行系统优化,构建了能快速筛查有

机磷和氨基甲酸酯类农药的速测技术;研制了系列分子印迹识别材料,这些材料有着和抗体类似的功能,可量身定做,有很好的专一性和稳定性,能快速准确地识别出农产品中的化学污染物。

此外,在现有实验室高灵敏检测技术基础上,针对农产品中含微量、提取分离难度大的化学污染物,研发了模块化样品提取单元,使得不同性质的化学污染物能从复杂果蔬农产品基质中很好的提取出来,构建了20多套农药残留、违禁添加剂、环境污染物确证检测技术体系,并将部分技术转化为国家标准或行业标准。

### 在家也可以检测农药残留

如今,医学上的一些试剂盒或检测设备如早早孕试纸条、血糖仪等产品已经可以让老百姓在家里就使用和判断结果。同样,项目组研制了酶抑制法及其产品,这些产品操作简单,可用于家庭、农贸市场等现场使用,可判定蔬菜和水果中是否含有有机磷和氨基甲酸酯类农药残留。

截至目前,团队研发了多种农药类试剂盒和试纸条,不仅在我国种植基地、农贸市场、流通环节、大型超市、企事业单位等多个部门推广应用,而且也有家庭装,可以现场实现典型农药、兽药、违禁添加剂等残留的快速检测。

据介绍,本项目研发的系列快速检测产品与确证检测方法已在全国31个省市的龙头企业、质检风评机构、科研院所及种植基地等1000余家单位推广应用,在我国农产品产地准出、市场准入、风险排查与管控、快速应急处置等方面发挥了重要作用。大大提高了我国典型化学污染物检测技术研究水平,推动了国产快检产品的市场占有率大幅提升,打破国外垄断,降低了成本。

此外,形成的方法标准和限量标准有效弥补了我国家农产品质量安全标准体系的不足,加快了我国农产品质量安全标准化建设的步伐,提升了农产品质量安全生产的水平,促进了我国果蔬、肉蛋奶等产业的健康发展,为实现从农田到餐桌的农产品质量安全全程控制提供了重要技术支持。



完全颠覆了传统农业种植方式的植物工厂。

没有土壤,没有阳光,这里的蔬菜却格外青翠,产量是露天种植的好几倍。

营养液是土壤,红蓝相间的LED灯是阳光,没有污染及病虫害。在这里,通过对环境的高精度控制,蔬菜的生长几乎不受自然条件的制约。近日,记者在位于北京市平谷区马坊镇的农众物联植物工厂里看到6层高的栽培架上,种满了生菜、小白菜、冰菜等10余种水培叶菜。

如今,这种完全颠覆了传统农业种植方式的植物工厂,正在或将改变我们的餐桌。

“植物工厂是一种技术高度密集、资源高效利用的农业生产方式,是世界各国保障粮食安全的重要发展方向。”作为我国最早研究植物工厂的专家之一、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员杨其长说。

然而,由于植物工厂在环境精准可控条件下进行生产,能耗大、运行成本高等问题突出,已经成为其发展的重要瓶颈。在杨其长的带领下,项目组历经12年的潜心研究,在植物工厂光源适配理论与方法、光效与能效提升、营养品质调控以及多因子协同管控技术等方面取得了多项原创性成果。形成了普及型植物工厂、岛礁植物工厂、低碳智能家庭植物工厂等多个系列产品,在北京等20多个省市自治区和部队系统的200多个园区和农业企事业单位推广应用,经济、社会效益显著。在2016年该项目获北京市科学技术奖二等奖。

### 衡量一个国家农业高技术水平的重要标志

“植物工厂是一种通过设施内高精度环境控制实现作物周年连续生产的高效农业生产方式,单位面积产量可达露天生产的40倍以上,因此被世界各国尤其是耕地资源紧缺的国家作为保障粮食安全的重要发展方向。”杨其长说。

我国是一个人均资源极为紧缺的国家,人均耕地仅为世界平均水平的40%,人均水资源仅为世界平均水平的25%,保障粮食安全任务艰巨,大力推动植物工厂高技术产业的发展符合我国长期的战略部署。

植物工厂的显著特征是技术的高度集成与应用,因此又被认为是衡量一个国家农业高技术水平的重要标志,就像航天工程、磁悬浮、大飞机等技术一样,发达国家不会轻易让其他对手掌握,必须依靠自主研发。

据了解,日本、荷兰等国从20世纪70年代开始研究,并已在植物工厂系统结构、营养液栽培与环境控制等一些关键技术方面取得了重要进展,但由于存在系统能耗大、运行成本高等突出瓶颈,大规模应用仍受到一定限制。

“如何突破植物工厂系统能耗大、运行成本高等突出技术瓶颈,大幅度降低人工光源与空调系统能耗,提升蔬菜品质并实现植物工厂的智能化管控,构建‘低碳、智能、高效’的植物工厂生产技术体系,是实现植物工厂快速普及与推广的关键。”杨其长说。

### 不靠太阳种蔬菜

万物生长靠太阳。阳光不仅是植物进行光合作用等基本生理活动的能量源,而且也是花芽分化、开花结果等形态的动力源。但在植物工厂里,蔬菜所需要的光是通过LED灯照射的。

杨其长告诉记者,当前植物工厂所使用的人工光源主要是荧光灯和发光二极管。LED能够发出植物生长所需要的单色光(如波峰为450nm的蓝光、波峰为660nm的红光等),而且红、蓝光LED组合后,还能形成与植物光合作用与形态建成基本吻合的光谱。

“与普通荧光灯等相比,LED主要具有节能、环保、寿命长、单色光并可组合、冷光源等优势,被认为是人工光植物工厂的理想光源。”杨其长说,“人工光源通过不同光谱

# 给植物工厂“制造”一缕阳光

本报记者 申明

组合和光强、光周期调控,可以代替阳光,满足植物工厂里蔬菜等作物的全生育期光合作用需要。”

除去不依赖阳光外,植物工厂中的蔬菜还有另一个神奇之处,即不需要土壤。这些长势良好的蔬菜均生长在专业定制的栽培模组内,模组下方并无土壤,而是完全依靠营养液。

据介绍,植物的这一特别“饮食”方式,也就是人们常说的无土栽培技术,它是植物工厂的技术核心之一。这些营养液由专业人员精心调制而成,能及时有效的为植物提供各种养分,能最大限度满足植物不同生长期所需的营养要求,也能协调植物生长所需的水、肥、气(氧气)、温等条件,使蔬菜生长快、产量高。

针对植物工厂营养液栽培系统有毒物质累积、常规方法不易去除的突出问题,项目组发明了将UV(紫外)-纳米TiO<sub>2</sub>结合处理营养液自毒物质的技术方法;提出并发明了采收前短期连续光照与营养液氮素水平调控相结合的蔬菜品质调控技术。

“这项技术可降低叶菜硝酸盐含量30%以上,显著提升Vc和可溶性糖含量。”杨其长说。

然而,并不是所有的蔬菜都可以在植物工厂种植。“就技术条件而言,所有蔬菜均可在植物工厂里种植。”杨其长说,“但由于植物工厂采用立体多层栽培模式,为了充分利用栽培空间,一般都会选择低矮的叶菜(生菜、小油菜、芹菜、菠菜等)、中草药、食用菌、草莓等种植。对于番茄、辣椒茄子、黄瓜等高大的茄果类和瓜果类蔬菜不适合种植,即便栽培也要选用其低矮的品种进行种植。”

### 掌握了植物工厂的核心技术

然而,植物工厂的实现并非易事。在课题研究过程中,杨其长他们遇到的最大挑战是专用LED光源的研发问题。在2005年以前,市场上常见的LED光源的光质与植物光合需求不够吻合,光照强度也弱。

项目团队通过多方面努力探索,与其他半导体光源科研单位合作,在2005年研发出了植物工厂专用LED光源板,并建设了一个小规模的人工光植物工厂实验室,这才加速了人工光植物工厂的研发进度。

杨其长告诉记者,植物在植物工厂的人工环境下进行生长,核心要素是光环境,首先要解决的难点就是对植物光配方的研究,这是植物LED光源研制的核心。同时,由于植物工厂的能源消耗比较大,因而节能环境控制技术可谓是植物工厂的“生命”,“如果能能源消耗很大,发展就受限”。

此外,智能化管控的实现也是难点之一。“环境和营养要素的检测和控制,与传统农业有很大区别。”杨其长说,

“需要高技术的手段,包括信息技术、智能装备技术、互联网技术等技术的集成和应用。”

如何突破植物工厂系统能耗大、运行成本高等关键技术瓶颈,大幅度降低人工光源与空调系统能耗,提升蔬菜品质并实现植物工厂的智能化管控,构建“低碳、智能、高效”的植物工厂生产技术体系,是实现植物工厂快速普及与推广的关键。

“发展中国植物工厂高技术产业,必须依靠自主研发,在植物光配方及人工光源研制、节能环境控制以及智能化管控等核心技术上取得突破,否则必将受制于人。”杨其长说。

经过长期钻研和探索,杨其长带领研究团队率先进行了植物光配方的系统探索,探明了基于LED的植物光配方优化参数,发明了以AlGaInP红光660nm芯片与InGaN蓝光450nm芯片为核心的多光谱组合植物LED节能光源;开发出基于植株发育特征的水平与垂直方向可移动式LED动态光环境调控技术,显著降低了光源能耗。

项目组还研发出植物工厂光效、能效与营养品质提升的环境—营养多因子协同技术,集成创制出3个系列的智能LED植物工厂成套产品。探明了基于光配方、光—温耦合与营养品质提升等多因子协同调控的逻辑控制策略及算法,研制出基于物联网的植物工厂智能化管控技术,实现对植物工厂温度、湿度、光照、CO<sub>2</sub>浓度以及营养液EC、pH、DO等要素的在线检测、远端访问、程序更新及网络化智能

管控。集成创制出3个系列的智能LED植物工厂成套技术产品:规模量产型、可移动型、家庭微型植物工厂。

### 已具备大规模推广的条件

据了解,我国已经是植物工厂产业化发展最快的国家,几年时间即走过了发达国家几十年的发展道路。目前,我国人工光植物工厂总数已达100多座,成为数量仅次于日本的植物工厂发展大国。越来越多的人开始品尝到产自植物工厂的蔬菜。

在这其中,杨其长团队作出重要贡献。自2003年以来,课题组历经12年的创新研发,先后开发出普及型植物工厂、大厦型植物工厂、岛礁植物工厂、低碳智能家庭植物工厂等多个系列产品,并率先在北京进行示范推广,目前已推广到全国20多个省市区及部队的200多家应用单位,实现节能降耗2.8亿度。

北京作为项目最早的研发与产业化示范基地,项目成果得到了广泛的应用。培育了国内最大的两家植物工厂生产企业——北京中环易达设施园艺科技有限公司、北京京鹏环球科技股份有限公司,这两个公司已经成为植物工厂推广的领军企业。

“当前人们对优质蔬菜的需求日益上升,对植物工厂水培蔬菜的价格也逐渐接受,加入植物工厂建设和生产运营的企业越来越多,而植物工厂技术和装备也越来越成熟,已具备大规模推广的条件。”杨其长说。



在植物工厂里,蔬菜所需要的光是通过LED灯照射的。