智能快检，让农药残留无处遁形

清晨6点，海南豇豆田间，农户老马掐下一根豇豆，心里打鼓：这茬菜能不能放心卖？过去，答案要等实验室检测结果出来，少则一两天，多则三五天。如今，他把检测试纸条往手机镜头下一放，5至15分钟，6到36种农药残留检测结果尽现眼前。

这背后，是中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所教授王静带领团队，最新研发的“适配系列农产品农药残留等多靶标智能快检技术”。它专门适配果蔬茶等农产品，实现农药等多靶标同步智能快检，填补了全球高精度、轻量化、可监管农残普惠快检的技术空白，达到国际领先水平。

从“等结果”到“当场见”，变化的不只是速度。对农户，它是上市前的“定心丸”；对监管者，它是批量筛查的“轻骑兵”；对消费者，它是餐桌前的一道“可视防线”。而托起这枚小小试纸的，是研发团队十年磨一剑的攻坚。

解锁小分子

要想揪出农残，第一步是让试纸“认得出”农药。抗体是试纸上的“识别钥匙”，农药小分子则是待开的“锁”。钥匙不精准，后续测得多快都白搭。研发小分子抗体成为团队必须跨过的首道坎。

“农药这类小分子，结构刚性弱、成键位点少，要做出特异性好、稳定性高的抗体，谈何容易。”团队成员金茂俊回忆，研发初期，小分子抗体研发长期依赖经验，试错率高、效率低，抵御特色农产品基质干扰的能力差。

那段日子，实验室几乎成了第二个家。大家聚焦主流农产品品类和风险参数，逐一拆解不同农产品基质特性，反复调试免疫层析标记参数，探究不同农产品基质对抗体耐受性的影响。

挑战远比预想复杂。传统免疫检测遇到色素高、辛辣、酸度大、高糖的果蔬时，极易假阳性、结果不稳。“同样的产品，换一处产地、换一个采收期，结果就可能‘打架’。”王静说。

为找到症结，团队开启闭环攻坚模式：批量采集农产品不同成熟期、产地、种类样本，全天候比对测试，厘清复杂基质干扰主要因素及机理，再对半抗原、免疫原的合成方案进行优化设计，显著提升了抗体抵御基质干扰的能力。

攻克基质干扰难题后，小分子结构修饰，成为打磨这把“识别钥匙”路上的另一块硬骨头。团队不再局限于单一改造思路，反复研讨分子修饰方案，精细调整合成工艺与反应条件。

无数个深夜，实验室设备持续运转，队员逐组筛查数据、复盘失败案例，锁定半抗原结构缺陷、标记结合不稳定等核心卡点；优化分子连接方式，分级开展结构改造与性能验证，在海量试验中筛最优参数。

连续上万组对比试验后，团队创建出小分子半抗原分级设计改造体系，从根源破解小分子结构刚性弱、成键位点少、半抗原设计成功率低等难题，搭建起适配农产品的专属检测体系。

这套体系跳出了传统经验试错模式，有效提升了小分子抗体的特异性与稳定性，从源头补齐检测精准度短板，让抗体稳稳地认出农药小分子。

辨别多靶标

抗体解决了“认得出”的难题，但田间地头检测不能一次只测一种。从单靶标到多靶标，好比从独唱到合唱：不仅要让36种农药同时“发声”，还要明辨是哪一个声音。这是研发团队要翻越的又一道坎。

长期以来，国内传统农残快检技术普遍存在局限：一套设备、一款试纸往往只能检测少数几种农药，或仅适用于单一农产品品类。多靶标同步检测难在哪？“就像让几十个不同音高的乐器同时演奏，我们必须分辨出每一个乐器。”王静打了个比方，“我们要在阵列试纸上同步识别6至36种农药残留，同时耐受不同农产品带来的基质干扰。”

为补齐“测不全”短板，团队聚焦多靶标、多品类同步检测需求，走遍全国农产品主产区、农贸市场、基层监管站点，采集数万组不同品类、不同光照、不同基质环境下的试纸检测图像数据，构建专属显色计量化学模型与背景干扰扣除模型。

难题在攻关第三个月集中爆发。在海南豇豆产区，多种农药残留检测试纸条竟完全失效。团队成员李辉、单文宠飞赴海南，发现当地高温高湿环境下，试纸显色反应速率比北方快近一倍，原有模型“水土不服”。

团队在田间搭建临时实验室，连续一周顶着40多摄氏度高温，每半小时采集一次数据，终于摸清温湿度对显色反应的量化影响规律，优化试纸条标记工艺，把高温高湿带来的干扰削弱下来。

更大挑战来自信号叠加失真。同一张试纸条上多重靶标同时显色，不同条带光信号过于密集，在采集成像时相互干扰，如同合唱团里有人“串了调”。要解决，就必须重新设计显色体系。

工业设计人员同步开展攻关：多通道阵列需在同一张试纸上集成独立反应区，间距误差不能超过1毫米。经反复调试，阵列一致性稳定控制在99%以上。

随后，新型试纸显色图像判读进入现场比对测试阶段，数千份样本、几十种农药、数十种基质的检测结果，均与实验室检测吻合。如今，一次检测，手机屏即可同步跳出6至36组数据——那些曾经相互干扰、“打架”的信号，终于实现同频共振。

判读显色条

“又错了？”2019年深秋，某省农产品批发市场快检现场，质检员举着试纸卡摇了摇头——同一张试纸，他判读为阳性，旁边的同事却认为是阴性。争议背后，是人眼识别临界显色信号存在天然误差。

这个场景深深刺痛了正在现场调研的王静，高通量农残快检如果依靠人工或普通读卡仪，不仅容易出现主观误判，成本也偏高；加之数据采集上报全靠人工操作，批量筛查效率偏低。

回到实验室，她召集团队成员：“让机器学会‘看’，还要比人眼更准。”目标十分清晰：研发智能图像识别算法，实现试纸条显色信号全自动、标准化判读。

“困难从数据采集阶段就已显现。”王静回忆，团队奔赴全国各地农产品主产区，在田间地头、农贸市场、基层监管站采集图像。问题接踵而至，清晨的冷光、正午的强光、棚内的阴影光，同一条试纸在不同光照下拍出的图像千差万别；番茄汁液、菠菜研磨液、柑橘果肉等不同基质，背景底色深浅不一，直接干扰显色信号的提取。

负责算法研究的团队成员曹振提出“分而治之”的思路：先建背景干扰扣除模型，将农产品基质底色“漂白”；再构建显色计量化学模型，精准刻画显色深浅与农药浓度的量化关系。为解决强光下信号饱和失真的问题，团队成员每天从日出拍到日落，采集了上千组不同光强下的序列图像。

“模型训练更是一场硬仗。”曹振至今记得，经十几万张标注图像、上千次迭代优化后，算法在实验室数据上准确率已达98%，可放到田间实地测试时，准确率却骤降至85%。

团队复盘后找到症结：试纸条显色的边缘效应会产生伪信号。大家连夜调整图像预处理流程，增设边缘自适应校正模块，硬是将田间检测准确率拉回至98%以上。

当第一版智能判读小程序投入试用，手机屏幕弹出“阴性，合格”时，大家又特意调出那张曾经引发争议的临界试纸，算法很快给出明确的数值判定。大家笑了：“这技术，比人眼靠谱！”

从“认得出”到“测得全”，再到“识别快”，研发团队的攻坚之路，正是把论文写在田间地头的生动注脚。展望未来，王静表示，团队将深耕产业一线需求，进一步完善可监管、可追溯的普惠快检体系，为老百姓守好从田间到餐桌的安全防线。

（科技日报记者 马爱平）

『立冬』前后 葡萄红透



11月7日，淮北市烈山区宋疃镇和村擎天家庭农场内，一串串晚熟葡萄挂满枝头，工人正忙着采摘。当地采用“村党支部+合作社+农户”模式，积极引进水果新品种，实行标准化管护，搭配种植早、中、晚熟品种，实现错峰上市，有效填补市场空档，提升农户种植效益。 李鑫 董昌盛 摄

农技专家进校园 科普劳动润童心

——阜阳市农技协联合会赴清河小学开展科普进校园活动

本报阜阳讯（全媒体记者 李伟）11月6日，阜阳市农技协联合会组织专家走进清河小学，开展“科普进校园”主题活动。活动设置科普讲座、劳动实践、图书捐赠等环节，为该校五年级100余名学生带来一堂生动的农业科普课。

活动中，阜阳市农技协联合会会长杨庆芳以《小麦的一生》为题，用通俗易懂的语言向学生们讲解了小麦从播种、生长到收获的全过程；阜阳市农技协联合会秘书长、阜阳市科普宣讲团成员李伟带来《AI来了，我们该怎么做》专题讲座，引导孩子们正确认识人工智能，理性拥抱科技。

在劳动实践环节，会长杨庆芳、副会长邓坤带领学生来到学校“小农场”，现场示范小麦播种方法、讲解种植要点。学生们动手翻土、播种，在劳动中体验农耕乐趣，学习农业知识。

此外，阜阳市农技协联合会还向学校捐赠了价值3000余元的农业科普类图书100余册，助力校园科普教育阵地建设。

此次活动将科普知识与劳动实践相结合，不仅拓宽了学生视野，更激发了孩子们探索科学、热爱劳动的热情，获得师生一致好评。