新 鲜 血 液

环境健康公民科学项目的承诺

弗吉尼亚理工大学的研究生与科研人员为弗林特市的公民科学家组装了300个水质检测试剂盒。该套件包括标签瓶和自来水取样说明书。Image: © Marc Edwards/Virginia Tech.

Mónica Ramírez-Andreotta 坐在洪堡小学体育馆内一把折叠椅上，手里拿着记事本和笔。那是 2008 年 8 月，美国环保署项目经理 Leah Butler 正在举办一个关于在亚利桑那州杜威 – 洪堡（Dewey-Humboldt）社区最近一次“超级基金”（Superfund）选址的公众会议。环保署确认了铁王矿（Iron King Mine）与洪堡冶炼厂（Humboldt Smelter）遗留的 400 多万立方米尾矿对居民构成健康风险。

Butler 向与会民众解释说，由于风蚀和水蚀作用，含有砷、铅和其他污染物的危险废弃物可以从这些工业原址扩散到杜威 – 洪堡社区，进而污染水、土壤及空气。然后她解释了环保署如何开展清理工作以及社区如何参与。

演讲结束时居民们纷纷举手提问，Ramírez-Andreotta 快速记下了他们的问题。她当时在亚利桑那大学攻读博士学位，同时担任亚利桑那大学“超级基金研究项目”（Superfund Research Program）的科研翻译协调员。该项目由国立环境健康科学研究所资助，旨在推动有害物质健康危害与环境问题的多学科研究。Ramírez-Andreotta 当晚的工作是听取社区成员关注的问题，并向他们解释该项目。

她不止一次从居民那里听到这个问题：自家菜园种植的蔬菜是否可以安全食用？

会议结束后，Ramírez-Andreotta 与一些居民交谈，她做了自我介绍并与他们讨论关于菜园食物安全的顾虑。“我现在无法给你们一个明确答复，”她说道，“但你们是否有兴趣参与我们的研究，一起寻找答案？”

普通民众参与科研由来已久，18 世纪时 Charles Wilson Peale 用公众捐赠创建了美国第一个自然历史博物馆，20 世纪时家庭主妇 Lois Gibbs 在乐福运河（Love Canal）社区居民中拉选票，游说他们记录儿童出生缺陷。

但是直到 1990 年代中期“公民科学”（citizen science）这个词被创造出来以后，这种做法才在过去几十年中得到了科学界的正式认可。尽管一些科研人员仍然对公民科学持怀疑态度（然而环境争议地区的一些民众同样对科学家是否调查居民真正关注的问题持怀疑态度），但是越来越多的研究已经得益于社区参与。

公民科学项目还可以让更多且更多样化的群体接触科研进程，有利于实现科学民主化。环境健康研究领域尤其如此，因为不成比例的大量有色族裔和低收入群体——这些群体在科研领域从业比例较低——居住在环境污染地区。

“我想强调的是，我们生活在一个居住环境比遗传因素更重要的时代，”Ramírez-Andreotta 说道，“在某些情况下，你的生活区域、离污染地段的距离、社会经济地位以及周围环境，就健康而言比你的遗传因素更重要。”

然而，环境健康方面的公民科学项目对研究人员和受影响社区的居民来说有时候颇具挑战性，例如：有些科学家担心，如果他们帮助民众调查潜在环境污染，可能会被贴上环保活动人士的标签，其科学中立性会受影响；还有人担心未经正规科学培训的民众提供的数据是否可靠；另一方面，如果居民感到其健康顾虑没有被认真对待，且在调查过程中未能公平参与决策及数据共享，会感到沮丧。

顾虑与信心

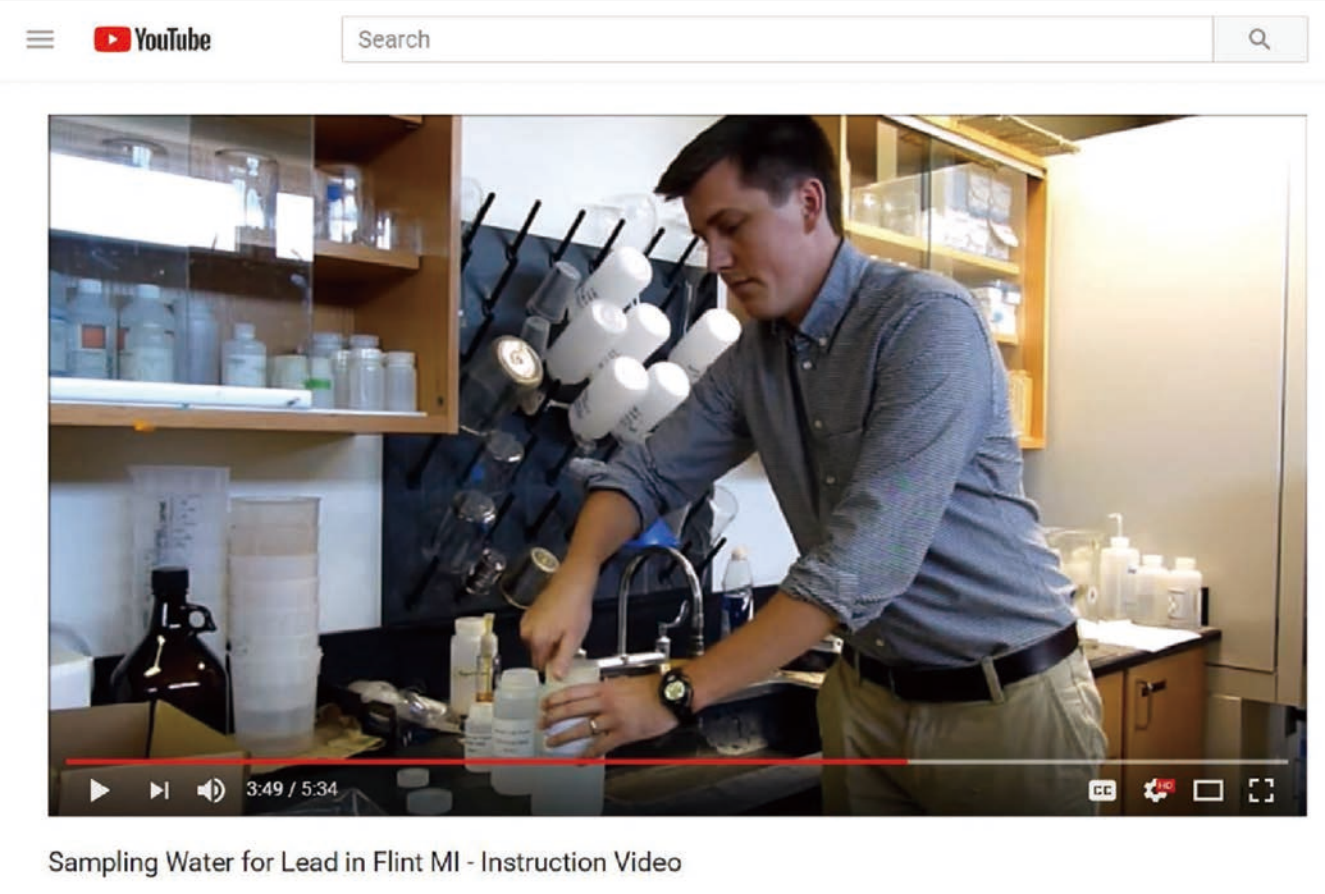
弗吉尼亚理工学院暨州立大学教授 Marc Edwards 站在密歇根州弗林特市政厅草坪上的新闻发布会上，手中拿着两个小塑料瓶，其中一个装满了橙汁样的液体，身旁是 4 个孩子的母亲 LeeAnne Walters。几个月前她给 Edwards 送去了 30 份她家的自来水样本，测试结果显示水中含铅量很高，其中一个样本超过世界卫生组织铅含量最高限值（10 ppb）的 1300 倍。“这是我 25 年来见过的情况最糟糕的一次，”Edwards 说道，他估计弗林特市有 5000 个家庭的自来水铅含量超过 10 ppb。

检测了 Walters 家中自来水铅含量后，Edwards 和他的研究生们向弗林特市居民分发了水质测试工具。他的学生还做了一个视频，解释如何收集饮用水样本，当地社区团体和美国公民自由联盟（American Civil Liberties Union）的成员在当地教堂地下室内举办了培训课程。

Edwards 表示他相信弗林特市居民可以正确收集水样，基于下列因素：首先，当地水务公司已经依靠居民自己收集样本送检，以确定水质是否符合美国环保署的铅及铜相关法规；此外，根据他以前与华盛顿特区——多年前发现自来水铅含量升高——居民合作的经验，大多数怀疑自家饮用水污染的普通居民“非常用心，比大多数科学家更努力避免抽样错误”；最后，他指出美国环保署协议允许有一些错误，而且他的团队也会检查是否存在抽样异常。

根据《铅及铜法规》（Lead and Copper Rule），环保署从每 100 个样本中选出 9 个铅含量最高的样本。这是因为尽管没有针对铅的“污染物最高允许水平”（maximum contaminant level, MCL），但是如果超过 10% 以上的家庭样本铅含量超过美国环保署规定的水平，水务公司必须采取治理措施。

尽管 Edwards 很有信心，仍有许多科学家担心公民科学项目的抽样误差问题。在 2014 年的一项研究中，Hauke Riesch 与 Clive Potter 对参与“开放空气实验室网络”（Open Air Laboratories network）——英国的一个公民科学网络——的科学家进行了采访，发现数据质量是“大多数受访者担心



弗吉尼亚理工大学的学生还制作了一个教学视频（https://www.youtube.com/watch?v=dEQDaPws2xk），展示如何使用试剂盒正确采集自来水样本。正确采样对于准确评估居民通过饮用水的铅摄入量至关重要。Image: Courtesy of YouTube

的问题”。

为了解决这个问题，接受 Riesch 和 Potter 采访的科学家采用了一系列方法：广泛培训及监督、将数据与自己收集或以前发表的研究数据进行交叉核对、尽可能简化研究问题和数据收集协议等。他们这样写道，“毫无疑问，数据质量问题最终得以解决，参与的科学家相当满意，因此对整个项目来说不会构成障碍。”

Ramírez-Andreotta 在杜威－洪堡镇也采取了类似措施。她对居民进行广泛培训，研究温室内 3 种不同类型土壤上种植的种类接近的蔬菜。她随机挑选了一些居民家庭并亲自采集样本，然后与居民采集的样本进行比较。她说自己非常谨慎，“因为我知道一旦发现污染物水平较高，人们会首先质疑研究方法，他们会说，‘哦，他们不懂如何正确收集样品。’”

寻求共识

怎样才能使公民科学家的工作得到监管机构的认真对待，进而影响研究议程、政策制定、或者改变科学证据标准呢？德雷塞尔大学（Drexel University）科学技术与社会中心（Center for Science, Technology and Society）副教授 Gwen Ottinger 深入研究了这个问题。她从 2001 年开始研究“铁丝网社区”（“fenceline” communities）——邻近炼油厂和化工厂的社区——进行的公民科学项目是否能够影响州及联邦监管机构，其研究重点是毗邻壳牌化工厂的路易斯安那州新萨尔皮（New Sarpy）社区。

新萨尔皮社区居民担心污染高峰期——天燃气泄露及排放、发电厂启动、故障及事故等——会危及他们的健康。他们使用“桶式采样法”——一种价格低廉、在不连续时间点采样的空气样本收集方法，希望以此证明附近的工厂有时向空气中排放高浓度危险化学品。顾名思义，该方法将空气抽入桶内的非反应性塑料袋中，关闭袋子阀门，然后将袋子连夜送到实验室进行分析。

清洁空气监管标准旨在反映较长时间内的污染监测平均值。例如，监管机构可以使用抽样工具每 6 天连续采样 24 小时，这样可以将污染峰值期间收集到的空气与其余采样期间相对洁净的空气混合。Ottinger 在 2010 年的一篇文章中写道，结果表明“在比较空气质量监测值与空气质量标准时未显示污染峰值”。

Ottinger 指出，由于桶式采样不符

合联邦检测标准，其结果的有效性受到联邦及州科学家质疑。她说这就造成一种僵局，科学家认为这些数据不符合标准，民众则声称这些标准没有解决“真正的问题”。她认为，目前存在两种针对公民科学的不同观点：一种是“科学权威驱动”的公民科学，另一种是“社会运动为基础”的公民科学；只有解决了这种分歧，才可能充分发掘公民科学的真正潜力。

“对于那些参加环境公益活动、努力推动社会变革的人们来说，科学是个混杂概念，”Ottinger 说道，“因为很多科学观点声称你并没有体验到你正在经历的事情，而提倡环境公义的公民科学家想要探究的问题可以呈现你的经历和体验。与其说是两个极端，不如说更像一个频谱，但它们的区别很重要。”

解决方案是什么？就路易斯安那州的桶式采样来说，分析公民科学样本的实验室采用美国环保署的样本分析方法，两组结果可以直接比较，因此人们达成了一些共识。此外，活动人士还利用位于加州的环保署实验室对桶式采样器进行质量测试，他们可以据此声称采用了“美国环保署认可”的监测方法，这样桶式采样数据对于科学家们来说具有一定可信度。

另一个解决方案是活动人士努力推动修订空气质量标准。“标准本应是‘隐形的’，无需我们考虑，”Ottinger 说道。游说修订标准需要时间与努力，因此社会活动团体不愿意把有限的资源花费在这方面。不过她指出，公民科学家可能需要更深入研究，了解国家环境空气质量标准是如何制定的，以及在定期审查标准时如何传达自己的意见。每次审查时会举行一个科学政策研讨会，从科学界和公众收集有关政策相关事宜的意见，为审查提供信息。

总体而言，Ottinger 认为桶式采样检测和其他公民科学污染监测项目可以推动环保署更积极地寻求与民众合作。她例举了美国环保署的新网站——“公民科学家、研究人员及开发人员的空气传感器工具箱”（Air Sensor Toolbox for Citizen Scientists, Researchers, and Developers），旨在帮助公众从现有的大量低成本传感器中选择合适工具进行空气质量监测。该网站还为公民科学家提供关于资金、培训及试点研究的信息。

在 2015 年的一次研讨会上，社区科学家接受了该网站空气传感器工具箱的使用培训。环保署的科学家告诉与会者，使用这些工具便于环保署处

路易斯安那州的早期桶式采样器使用手持式吸尘器将空气从一个5加仑（约合18.9升）塑料容器中抽出，然后通过不锈钢入口将外界空气抽入一个非反应性塑料袋内。Image: © Gwen Ottinger/Drexel University

理收集到的数据。“他们解释说，如果你想让监管机构严肃对待你的数据，从一开始就要让他们参与进来，向他们咨询、告诉他们数据收集计划及方法。” Ottinger 回忆道。

Ottinger 指出，虽然这个工具可以帮助公民科学家与法规科学家向共同目标努力，但仍不可能消除非专业人士与法规科学家之间的所有争论。“有些观众会反驳说，‘等等，我们付出了这么多努力却还是不行，就因为你不喜欢我们的数据。’”

环保署的科学家担心公民科学家收集数据时带有偏见心态——例如坚信某种污染物可以危害健康，这可能导致抽样偏差。然而 Ottinger 认为，民众很清楚他们收集的任何数据都会经过环保署科学家的细致审查。他们不仅有保护自身健康及家人的内在动机，而且会很努力收集高质量数据，Ramírez-Andreotta 说道。

尽管有所顾虑，美国环保署仍在探讨公民科学的可行性。“数据质量一直是空气污染监测的重点，环保署有明确的数据收集方法和指南，以确保监管决策过程使用高质量数据，”环保署一位发言人（根据环保署政策要求匿名）说道，“让地方、州及联邦环保部门早期参与公民科学项目规划，有助于保证数据质量。”

美国环保署组建的一个咨询委员会于 2016 年底敦促环保署“拥抱公民科学”，并建议采取一系列行动，以最大限度扩展公民科学并将其融入环保署的工作中。其建议措施包括：把公民科学作为环境保护的核心宗旨；为社区、合作伙伴及环保署提供公民科学资金；环保署使用公民科学数据；将公民科学全方位纳入环保署的工作范畴。

共创公民科学

杜威 – 洪堡（Dewey-Humboldt）社区居民 Rose Eitemiller 于 2004 年在洪堡冶炼厂附近的甜豌豆巷（Sweet Pea Lane）购买了一幢新房。Eitemiller 的房地产经纪人向她保证，房子是不可能建在受污染土地上的。然而几年之后，她和丈夫在院子里发现了冶炼厂遗留的碎渣，于是给负责尾矿地区分析的环保署项目经理打了电话。

“我说‘我想知道我们家是否也被污染了，’她回答说‘我们还没有考虑过要去那边检测，’我说‘你在开玩笑吧！’”Eitemiller 回忆道。后来她让儿子接受了测试，结果显示尿液中砷含量超过他年龄段水平的第 50 个百分点。环保署最终将这座冶炼厂列入了超级基金名单，并在 Eitemiller 家所在街道的大部分居民院内清除并更换了大约 61 厘米厚的污染土壤。

Eitemiller 认同 Ramírez-Andreotta 的观点：住在危险废弃物地区附近的居民十分清楚自己的处境，非常希望了解污染物的潜在生态及健康风险。他们对自己的居住环境了如指掌，应该认真听取其意见并与他们合作，她说道。

“与生活在污染地区附近的居民合作时，可以了解到他们的很多深刻见解和重要观点，”她说道，“他们是在刮风的日子把尾矿废渣随风飞扬的景象拍下来的人，也是亲身经历痛苦和疾病的人。”

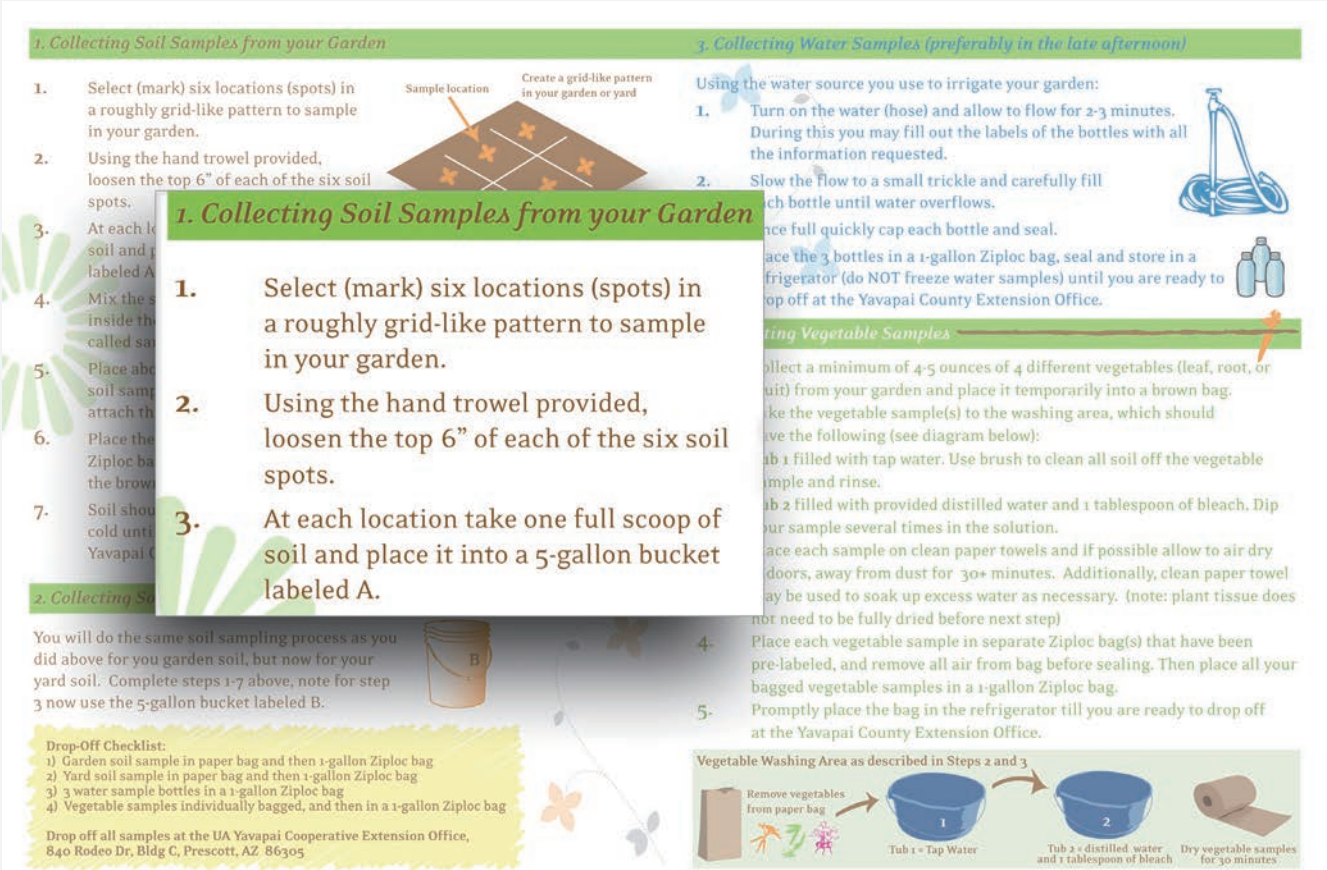
参加完环保署于 2008 年 8 月的首次会议后，Ramírez-Andreotta 继续与杜威 – 洪堡社区居民保持沟通。最终她获得了环保署资助开展一个公民科学项目，研究杜威 – 洪堡社区常见蔬菜的砷摄入情况。她把这个项目命名为“花园菜根”（Gardenroots）：亚利桑那州杜威 – 洪堡花园项目。

Ramírez-Andreotta 从一开始就决定该项目应该尽可能公平，由居民们自行决定研究课题、自行设计实验过程、采集样品、学习如何解释实验结果。这种方法称为“共创公民科学”。

社区成员采集了灌溉水及土壤样本，还收集了自家种植的蔬菜。Ramírez-Andreotta 指出，花园作物品种繁多，可以提供非常宝贵的数据。该研究采用公众参与方式因此非常适用于社区研究，而且是针对居民花园里种植的食用作物，从根本上符合居民关心的问题，她说道。

分析了居民的蔬菜、土壤及水样

一位公民科学家在新奥尔良精炼公司（New Orleans Refining Company）壳牌化工厂附近采集空气样本。样本数据显示该化工厂有时会排放高浓度污染物，然而监管测量数据中却没有这些高浓度值，因为其数据是较长时间内的平均监测值。Image: © Louisiana Bucket Brigade



作为“花园菜根”项目的一部分，研究人员编写了一份指导手册（https://superfund.arizona.edu/sites/superfund.arizona.edu/files/photofiles/gardenroots_instructional_manual.pdf），帮助项目参与者在家中正确收集土壤、水及蔬菜样本。Image: © Mónica Ramírez-Andreotta/University of Arizona

品中砷含量后，Ramírez-Andreotta 面临的挑战是：如何解释多种媒介砷暴露导致癌症的可能性。一天晚上，她坐在电脑前设计一个小册子，打算为每位居民列出其土壤、水及蔬菜中的污染物水平。但是如何解释他们的风险呢？

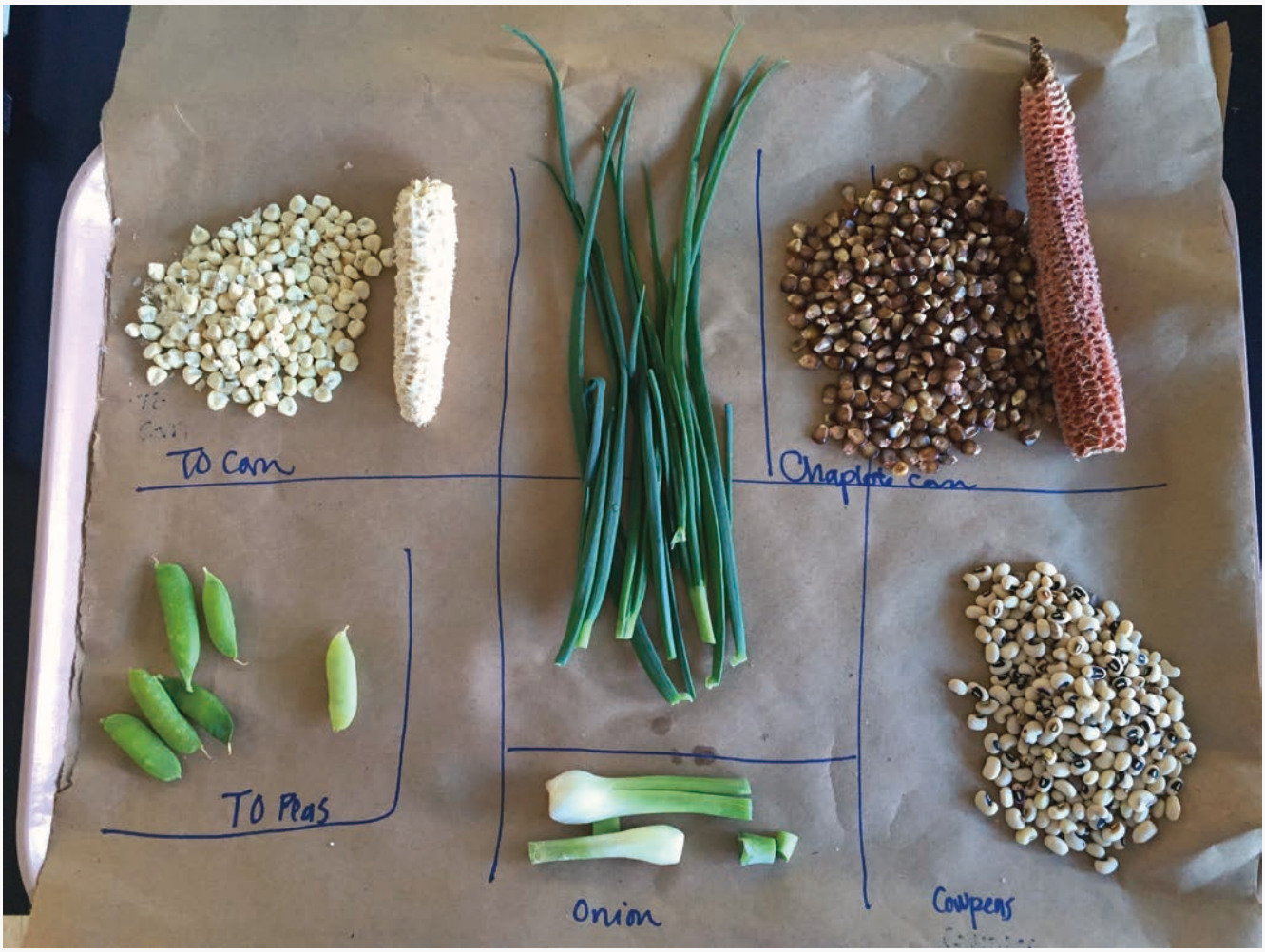
环保署采用万分之一的癌症发病率作为风险评估阈值，以确定超级基金地区是否需要清理。某环境污染物的致癌风险在万分之一到百万分之一之间则被认为可以接受。Ramírez-Andreotta 最初设定居民的风险应该位于这个范围正中间，她准备为居民绘制一个图表，标明食用多少花园蔬菜就会达到十万分之一的风险水平。

随后她恍然大悟。“我突然意识到我自作主张为他们选择了风险水平！”她说道。她把小册子做了改动，把图表分成 3 种风险类别：万分之一、十万分之一和百万分之一，这样居民可以自行决定其风险水平以及蔬菜食用量。她还提供了蔬菜、土壤及水样本的原始数据。

Ramírez-Andreotta 之后表示，她很高兴看到居民们继续从事园艺活动，但方式有了一些改变。例如，饮用水及意外摄入土壤比食用蔬菜的砷暴露风险更高，而数据共享之后对居民进行的一次调查显示，他们打算采取措施避免此类暴露。例如避免在刮风时从事园艺活动、花园劳作后洗手、园艺工具存放在户外等等。还有人重新计算了暴露风险，因为他们知道有些蔬菜并不常吃。

该项目还发现了一个未曾预见的问题。一些居民的饮用水样本砷含量高于环保署的“污染物最高允许水平”（maximum contaminant levels）10 μg/L（或 ppb）。其中部分居民的饮用水来自城镇供水系统，其污染物超标导致水务公司收到州政府违规通知和罚款。Ramírez-Andreotta 向环保署和亚利桑那州环境质量部门报告了这些发现，然而由于该地区地质构成导致砷的天然含量较高，所以该污染属于该州饮用水问题，不能列入超级基金项目。因此环保署把该问题移交给了亚利桑那州相关部门。

Ramírez-Andreotta 说居民们对环保署无法干预感到失望，他们不希望自家饮用水砷含量超标，无论其天然与否。但她认为通过“花园菜根”项目，居民们争取自身利益的能力得以提高。这些来自居民家中的数据对于解决污染物超标问题至关重要，并且可以提供依据



每个“花园菜根”项目参与者都会收到自家蔬菜的砷检测结果。之后许多人表示，他们打算采取新的预防措施，避免园艺活动中的砷暴露。Image: © Mónica Ramírez-Andreotta/University of Arizona.

以确保水务公司遵守法规。

公众关心的问题随时间而变化

Ramírez-Andreotta 与同事记录了杜威–洪堡社区被列入超级基金项目区最初 5 年内（2008—2013）其居民的转变。她与同事审阅了环保署公开会议记录、市议会会议记录、“花园菜根”项目会议记录、报刊文章以及环保署向居民邮寄的简报，发现社区成员从被动吸收信息逐步转变为主动行动、利用科学知识来保护自己。Ramírez-Andreotta 认为，居民观念从被动转向主动的部分原因是社区参与了亚利桑那大学超级基金研究项目，为自主学习提供了平台。

环保署发言人表示，该署认为让社区参与超级基金项目全部过程至关重要。“社区可以告诉我们希望如何参与，”发言人说道，“同时环保署也为满足社区需求而相应调整策略，为社区提供大量机会了解超级基金项目区清理工作的科学及健康相关事宜。”

Ramírez-Andreotta 认为环保署应该努力让居民更多参与超级基金项目过程，而不是仅限于项目开始时的一次性调查。她认为居民可以参与补救调查——某地区被列入全国优先清理名单时环保署进行的调查。“在环保署超级基金项目管理期间，让受影响社区参与研究及参与环境项目至关重要，”Ramírez-Andreotta 在 2016 年的一篇文章中写道，“这样做可以提高人们的意识、掌控感、做出明智决策的能力以及采取措施降低风险的能力。”

Nancy Averett，来自俄亥俄州辛辛那提市，撰写科学及环境方面的文章。她的作品发表在《太平洋标准》（*Pacific Standard*）、《奥杜邦》（*Audubon*）、《发现》（*Discover*）、《环境杂志》（*E/The Environmental Magazine*）以及其他多种刊物。

译自 *EHP* 125(11): 112001 (2017)

翻译：周　江

***本文参考文献请浏览英文原文**

原文链接

https://doi.org/10.1289/EHP2484