

## 农业环境损害因果关系鉴定研究

王伟, 赵晋宇, 强沥文, 孙希超

### 引用本文:

王伟, 赵晋宇, 强沥文, 孙希超. 农业环境损害因果关系鉴定研究[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41(9): 1855-1863.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2022-0255>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 发展环水有机农业控制农业面源污染的政策与建议

王磊, 席运官, 肖兴基, 高吉喜

农业环境科学学报. 2017, 36(8): 1590-1594 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0340>

#### 英国农业面源污染防控对我国的启示

刘坤, 任天志, 吴文良, 孟凡乔, JessicaBellarby, LaurenceSmith

农业环境科学学报. 2016, 35(5): 817-823 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016.05.001>

#### MST与水环境生物源污染定量化溯源

郭萍, 李红娜, 李峰

农业环境科学学报. 2016(2): 205-211 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016.02.001>

#### "农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发"专项组织实施进展分析

徐长春, 熊炜, 郑戈, 林友华

农业环境科学学报. 2017, 36(7): 1242-1246 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0337>

#### 基于文献计量的小麦玉米重金属污染农田修复治理技术及效果分析

王娟, 苏德纯

农业环境科学学报. 2021, 40(3): 493-500 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0669>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

王伟, 赵晋宇, 强沥文, 等. 农业环境损害因果关系鉴定研究[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41(9): 1855-1863.

WANG W, ZHAO J Y, QIANG L W, et al. Causality identification of agricultural environmental damages[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2022, 41(9): 1855-1863.



开放科学 OSID

# 农业环境损害因果关系鉴定研究

王伟, 赵晋宇, 强沥文, 孙希超

(农业农村部环境保护科研监测所, 农业生态环境及农产品质量安全司法鉴定中心, 天津 300191)

**摘要:** 因果关系鉴定是推进生态环境损害赔偿制度落实落地的重要抓手, 是农用地土壤污染责任人认定的环节。本研究通过分析支撑技术的适用性、鉴定实践对支撑技术的需求以及农业环境损害的特殊性, 剖析了农业环境损害因果关系鉴定的难点和破解路径, 并提出了建议。农业受体损害常与病虫害、气候气象条件、田间管理等因素及污染因素交织在一起, 因果关系鉴定既要针对不同因素进行区分, 又要受制于可获取的鉴定材料。污染溯源等技术方法只有与特定案件能够获取的鉴定材料相契合, 排除非污染因素及相似污染源, 才能在个案鉴定中发挥作用。开展图谱和数据库研究, 遵循因果关系判定准则, 采取调查与技术相结合的方式, 是破解因果关系“鉴定难、鉴定贵”的有效方法。

**关键词:** 农业环境损害; 因果关系鉴定; 支撑技术; 判定准则

中图分类号: X53 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2022)09-1855-09 doi:10.11654/jaes.2022-0255

## Causality identification of agricultural environmental damages

WANG Wei, ZHAO Jinyu, QIANG Liwen, SUN Xichao

(Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Forensic Center of Agro-Ecological Environment and Agro-Product Quality Safety, Tianjin 300191, China)

**Abstract:** Causality identification is important to realize the implementation of ecological and environmental damage compensation systems and to detect the liability subject in agricultural soil pollution. By analyzing the applicability of supporting technology, requirements of appraisal practice for it, and particularity of agricultural environmental damage, the present study dissected the difficulties and solutions to causality identification and puts forth suggestions and prospects. Damage receptors are intertwined with polluting and other factors, such as pests and diseases, climatic conditions, and field management. Causality identification is subject to not only different factors but also the available identification materials. Technical methods, such as pollution tracers, can play a role in case identification only when they are consistent with the identification materials available in a specific case and other non-pollution factors and similar pollution sources are excluded. Establishing atlases and databases following the judgment criterion of causality and adopting the combination of technology with investigation are effective methods to solve the problems of “difficulty” and “high cost” of causality identification.

**Keywords:** agricultural environmental damage; causality identification; supporting technology; judgment criterion

因果关系鉴定是农业环境损害“鉴定难、鉴定贵”的重要体现, 其核心问题是构建污染源或损害源与农业受体(以下简称“受体”)损害之间的途径, 明确污染源或损害源与受体损害间的关联性, 从而锁定污染

源。但在鉴定实践中, 损害结果事实复杂、途径多样、损害源种类不一、新型污染源的迁移转化规律不易获取, 同时受制于因果关系支撑技术的局限性、鉴定材料(以下简称“鉴材”)不完整、鉴定成本高等因素, 因

收稿日期: 2022-03-18 录用日期: 2022-06-06

作者简介: 王伟(1981—), 男, 陕西合阳人, 副研究员, 主要从事农业环境损害鉴定评估研究。E-mail: wangweirenzhe@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFC0832804)

Project supported: The National Key Research and Development Program of China(2020YFC0832804)

果关系判定存在不确定性,难以正面获取清晰的因果关系链条,需依托改进的支撑技术,结合因果关系鉴定准则,方可提升鉴定意见的可信度。

## 1 支撑技术分析

农业环境损害因果关系鉴定需通过农业生物症状表达和表观特征,识别特征污染物和疑似污染源,分析污染源排放的特征污染物能否到达受体,以及到达受体的浓度水平是否会产生致害后果。其中,同源性分析技术有叶表观识别技术、指纹法、同位素示踪、多元统计分析等,迁移途径分析与关联性证明可以借助溯源模型等技术预测分析<sup>[1]</sup>。如JEON等<sup>[2]</sup>通过分析土壤样品中锌浓度和铅同位素比值,研究不同土壤组分中锌的矿物学形态,分析了人为源对天然富锌土壤中异常高锌含量的贡献,验证了韩国东部某冶炼厂排放的含锌粉尘是周边场地锌含量高的假设,并被司法实践所认可。

### 1.1 叶表观识别技术

叶片是农作物与环境直接接触的场所,受损后,其颜色、形状、纹理会发生变化<sup>[3]</sup>。通过叶片和果实症状推测污染物及其排放源的方法,即叶表观图谱技术。该技术具有快速、有效辨识特征污染物,缩小摸排范围,及时锁定污染源等优点,是一种易操作、低成本的损害识别技术,在大气环境损害鉴定中得到广泛应用。但该技术需要收集大量叶表观症状标本,形成数据库方可使用。

### 1.2 溯源模型

溯源模型是基于数据信息或数据库,模拟分析各点污染物来源的方法,多应用于大气环境及水体流域。其中水质溯源模型主要有:黑箱模型、对流-弥散模型和随机模型。黑箱模型和随机模型还处于理论摸索阶段<sup>[4]</sup>,对流-弥散模型应用最广泛<sup>[5]</sup>,可用于各向同性或各向异性、均质或非均质的多孔介质,能够较全面地反映水体中溶质的运动过程,并且初始条件和边界条件都可以任意选择。溯源模型的多变性和灵活性在因果关系鉴定中具有广阔的应用前景,但应用于个案鉴定,还需根据现场情况修正或增减模型参数才可适用。

### 1.3 统计分析方法

统计分析方法主要有因子分析法<sup>[6]</sup>、聚类分析法<sup>[7]</sup>和层次分析法<sup>[8]</sup>。因子分析法是通过分析受体样品的物质成分及含量,获取样品信息的相关性,筛选代表性公共因子并估算各因子分担率的方法,该方法

已成为颗粒物源解析的重要手段之一。聚类分析法是根据样品之间的亲疏关系,分析度量样品间相似程度的变量,并以变量为依据,根据关系的密切程度进行分类的方法。层次分析法是对复杂问题的本质、影响因素以及内在关系等进行分析,并构建层次结构模型,再利用较少的定量信息,将问题解决方法的思维过程数学化,为求解多目标、多准则污染物结构特性的复杂问题,提供的一种简便决策方法<sup>[9]</sup>。

统计分析方法可操作性强、成熟度高,广泛应用于各类污染源解析<sup>[10-15]</sup>,但其对样品量和数据量要求较高,源解析结果存在不确定性,无法直接定量各污染源贡献率,需要通过改进或者配合同位素示踪法、正定矩阵因子分解法等方法才可适用<sup>[16]</sup>。

### 1.4 模拟实验

模拟实验是通过人为控制环境条件,排除多种次要因素与干扰,模仿真实环境的某个条件或过程,旨在获取相关参数或规律,是鉴定实践中重要的辅助技术。如通过扩散模拟实验<sup>[17]</sup>获取扩散系数以及扩散行为的影响因素,或污染物在环境中的迁移转化规律;通过毒性模拟实验<sup>[18-20]</sup>获取污染物在受体中的剂量-反应关系等。该方法常用于鉴材不完整、现场发生变化等情形,包括环境条件改变、数据缺失、相关参数无法获取等。

此外,同位素示踪、指纹图谱技术<sup>[21-22]</sup>、微生物溯源技术<sup>[23-24]</sup>等也是常用的支撑技术。其中,环境微生物取证可以在合理的短时间内充分解决因果关系归因和后续补救行动必须回答的问题<sup>[25]</sup>。同位素示踪法可准确计算污染源的贡献率,适用范围广,是源解析的有力手段<sup>[26-29]</sup>,但该方法要求污染物中有稳定的同位素,对于污染物种类复杂的情况,还需结合多种同位素或其他溯源技术联合使用<sup>[30-31]</sup>。

## 2 鉴定实践对支撑技术的需求

### 2.1 支撑技术的特点

#### 2.1.1 技术的局限性和不确定性

支撑技术均有适用条件和自身缺陷,例如:微生物源追踪法的使用前提是具有与特定宿主物种强相关的微生物特征,主要应用于研究领域<sup>[32]</sup>;指纹图谱法可较好地地区分多环芳烃的热生成源或燃烧源,但对于复杂的混合污染源或风化严重的样品,必须结合其他方法才有可能识别污染源<sup>[33]</sup>。污染物检测难以做到精确,新型污染物缺乏相应的检测标准或技术。类似的技术应用于个案都具有一定的局限性和不确定

性,存在各种误差,使用不当会出现潜在污染源被忽略,认定出现偏差等现象。

### 2.1.2 技术的复杂性和不易操作性

支撑技术比较复杂,一般是方法套方法,模型套模型,一个环节不熟悉或处理不当,就可能找错污染源。如在海洋溢油损害因果关系鉴定中,可以采用海洋生态影响动力模型判断溢油损害的时空分布,但该模型的运用还要以区域海流模型及数据库、海面风场诊断模型及海流耦合模型、溢油漂移轨迹及变化分析模型、区域水质基线及影响模型与数据库、浮游动植物影响动力模型及数据库为基础<sup>[34]</sup>。对于鉴定人员,傻瓜化、便捷化、快速化的技术更容易被接受。

### 2.1.3 对样本量和数据量有要求

溯源技术需要一定的样本量或数据量作为基础。例如:元素比值法以较大样本量为基础,需获取污染源中两种以上元素的浓度比值,且浓度比值间需存在较大差异<sup>[8,35]</sup>;多元统计分析需具备足够的数据,计量模型才能运行;方差解释的显著性随着选用数据量的变化而变化,样本量越大,有效数据越多,方差解释越显著,潜在污染源及其贡献分析才会越精确。鉴于此,这些技术在传统法医学意义上的应用是受到限制的。

## 2.2 鉴定案件的特点

### 2.2.1 鉴材的不完整性

由于环境污染具有隐蔽性、累积性等特点,受体具有一定的反应时间差,致害行为发生、受体症状出现、锁定怀疑对象、鉴定机构介入,需要较长时间,鉴定现场大多会发生变化。有的污染物质已挥发或消解,在受体中无法检出;有的损害事实已发生改变,如江苏泰州环保联合会起诉6家化工企业的公益诉讼案件中<sup>[36]</sup>,鉴定机构接受委托时,被告倒入河流中的废酸随河流的流动自净,已不能检出,受体损害症状已发生变化,能够获取的仅是片断性的照片、录音、录像资料和一些文字材料。诸如此类,滞后性导致鉴材残缺成为常态。

### 2.2.2 鉴定成本的可控性

因果关系鉴定支撑技术的实施成本较高,少则近十万,多则百万、千万。如同位素比值法需要获取各排放源样品的相关同位素特征值,样品处理与分析成本昂贵<sup>[8]</sup>;多元统计法对样本量和数据量要求高,费用可能远超过损害本身。相对于法医、物证等鉴定,环境损害类鉴定费用一般较高。诸多环境损害纠纷或公益诉讼案件因“鉴定贵”而“望鉴兴叹”,正义在

“鉴定贵”面前止步。

### 2.2.3 鉴定时限的法定性

依据《司法鉴定程序通则》,司法鉴定一般应在30个工作日完成。因此,不允许所有鉴定案件都按照严密的科研思路,待所有的假定条件都成立,通过模拟污染物排放、跟踪作物生长季、采取慢性毒性实验或情景模拟实验等方法,在受体与疑似污染源之间建立相关性。鉴定人员需要依托现有专业知识和技术条件,根据差缺或残缺鉴材,在法定时限内,采用简单快捷的分析技术和工具,对污染行为与受体损害之间是否具备因果关系给出判定。

## 2.3 支撑技术与鉴定需求脱节

当前可运用于因果关系鉴定的辅助技术,设计初衷多是针对全国性或区域性正在持续的污染现象,用于环境状况普查、区域调查、预测预警或者风险评估,如APIRATIKUL等<sup>[37]</sup>采用二元诊断比率结合多元统计分析对智利3个城市28个地点的陆地土壤中的15种多环芳烃进行来源解析,MIAO等<sup>[38]</sup>采用富集因子对中国北方整个黄河三角洲土壤重金属进行源解析。从成熟度和可靠性来看,有些技术还属于探索性技术,需要文献、年鉴等数据的支撑,可用于有一定研究基础、正在发生的慢性损害事件。但对于损害行为已终止、损害现场和受体症状发生改变的损害个案,可适用参数难以获取,支撑技术常无能为力,与实践需求严重脱节。

司法面临的一个突出矛盾是:法律实践对专家意见的需求日益增长,而鉴定手段又严重不足。当前,针对环境损害个案因果关系鉴定的支撑技术或处于起步阶段,或存在空白<sup>[39]</sup>,需要具备科研能力的鉴定人员在鉴定实践中对现有技术进行修正或者改进,以满足鉴定对专业技术的需求。

## 3 鉴定难点及破解路径

### 3.1 农业环境损害特殊性

受体损害,除了要考虑环境要素外,还应考虑田间管理、农业投入品施用、农作物种植模式、病虫害、自然气候等因素,以及农产品质量安全情况和土壤是否具备种植条件等。其中比较典型的因素是化肥、农药等农业投入品的过度或不当施用。实践中,因农户田间管理不规范,原始鉴材无法获取;部分农业投入品的半衰期较短,污染物已降解,无法检出;农药等农业投入品对作物致害表现症状与病虫害、田间管理不当、营养元素缺乏以及气象灾害等因素致害症状相

似,难以辨别区分,逐一分析因果关系的成本高、费时长。农业环境损害的特殊性即在于农业受体损害常是多种因素交织在一起,而且各因素致害症状在农业受体中具有相似表达,因此,难以直接建立污染物与受体损害的因果关系。

### 3.2 鉴定难点

基于上述分析,因果关系鉴定难点主要有:一是环境污染常与病虫害、肥害药害、气候气象条件、田间管理等因素交织在一起,区分难度大;二是可获取的鉴材不完整、不充分,甚至无法获取一手鉴材。农业生物和环境要素损害发生时间越长,鉴材可获取性越差,从正面建立污染源与受体损害之间相关性的难度就越大。因此,因果关系鉴定不能直接进行相关性分析,急于获取相关技术所需参数,否则结果要么陷入无限因果,个案司法成本被普遍放大,要么是不具备鉴定基本条件,无法形成鉴定意见,不能有效回应行政与司法对技术类事实认定的需求。

### 3.3 破解路径

如何在较低成本基础上有效识别因果关系?如何在短时间内精准锁定致害因子构建因果关系?如何使用残缺鉴材形成有利的因果关系证据链?作者认为,可以采取反向排除与正向相关性分析相结合的思路进行因果关系鉴定。首先开展田间管理、病虫害、肥害、药害、气候因素、背景值等非污染和生态破坏因素现场调查,查明受鉴区域内受损对象是否由上述因素所致。若仅系上述因素所致,即停止污染致害因果关系鉴定;反之,则开展污染源和污染物、迁移路径、受体损害症状与污染物致害症状相似性等现场调查,因为如果对现场情况没有清晰地了解,即使是最好的实验室和最复杂的模型也只能是对因果关系作出定性推断,无法锁定具体的污染源和责任人<sup>[40]</sup>。通过调查分析,能够排除相似污染源的,可予以排除,避免行为越可责难,越倾向于认定行为和所诉伤害之间存在因果关系<sup>[41]</sup>,以致有明显排放就当然归责。若排除后污染源仍不唯一,污染源排放的特征污染物均具有可以到达受损对象和受损区域的合理路径,并在受体中检出特征污染物,或者虽未检出,受体症状与特征污染物致害症状一致或者具有高度相似性,则可以认定污染源与受体损害之间具备因果关系。

## 4 判定准则的建立

基于上述分析,作者提出同时具备以下条件,方可认定污染源与受体损害之间具有因果关系<sup>[42]</sup>:①受

体中特征污染物超出基线水平;②污染源的存在会向受体释放特征污染物;③受体损害可以排除其他相似污染源影响;④受体损害可以排除病虫害、自然灾害、田间管理、高背景等非污染因素影响。

### 4.1 特征污染物超出基线水平

通过相关线索、鉴材分析和现场调查,初步确定损害受体和疑似污染源,包括农作物种类、分布和特征污染物种类、浓度。对受体中特征污染物进行检测,浓度超出基线水平,则可以确认受体损害,且可能与疑似污染源有关。在确定基线水平时,有国家标准的,优先适用国家标准;既有国家标准又有地方标准的,优先适用地方标准;没有国家标准的,优先适用行业标准;没有标准的,采用对照含量水平;没有对照的,采用历史数据;没有历史数据的,参考文献资料和相关研究数据。

### 4.2 污染源存在向受体释放特征污染物的可能

首先污染源会产生特征污染物且需要向环境排放。一般情况下,工业企业只要正常生产,从其原辅料、生产工艺、废弃物及其伴生物中,可以判断排放的特征污染物;其次这些特征污染物能够到达受体。通过对污染源与受体位置关系、地形条件、水文地质、空间分布、气象条件等的调查监测,可以获取污染源排放的特征污染物是否能够到达受体的证据材料。关键是分析污染物的迁移和扩散路径<sup>[43]</sup>、转化和演变规律、受体可接受水平和症状表达等。条件成立后,则可以在污染源与受体损害之间建立一致性和相关性<sup>[44-45]</sup>。

### 4.3 可以排除其他相似污染源的影响

损害受体周边可能分布着多个污染源,不同污染源可以通过特征污染物与受体的对应关系,判定致害污染源及其数量;相似污染源由于排放的污染物相同,可以通过实地调查、人员走访等方式进行排除,如以大气扩散为路径的,疑似污染源处于损害受体的下风向<sup>[46-47]</sup>,则该污染源可以排除。

### 4.4 可以排除非污染因素影响

鉴于同一结果在不同场合可能会存在不同的原因,受体损害可能是污染行为所致,也可能是自然灾害、病虫害、气候气象变化等非污染因素所致。实践中,受体中污染物超出基线水平,有可能是污染物背景值过高所致,如云南等地区的情况;可能是历史性冶炼等非特定人为因素所致,如湖北大冶土壤镉污染与该地区长期开矿有关;也可能是长期污水灌溉所致。这些因素在鉴定中应该先予以排除。

## 5 鉴定案件中的因果关系鉴定案例分析

### 5.1 天津某地农产品污染损害鉴定案

#### 5.1.1 基本情况

某镇某村集体菜园和房前屋后种植的大蒜等农作物陆续出现枯黄枯死现象,疑似20 d前无人机向稻田喷洒农药所致,农药有效成分为丁草胺和吡嘧磺隆。

#### 5.1.2 鉴定难点

该案件的鉴定难点有:①农药喷施引起的作物受损症状与作物营养元素缺乏、气候干旱、田间管理不当等引起的受损症状相似,若逐一建立因果关系,则费时费力、鉴定成本高昂,可能造成涉案当事人无法承担;②丁草胺、吡嘧磺隆属于易消解农药,半衰期短,在土壤、植株中的半衰期为2~4 d,无人机喷施农药的时间与接受委托的时间间隔49 d,远超农药半衰期,受试样品中的残留农药无法检出,因此无法直接建立受体损害与农药喷施的因果关系。

针对以上难点,一方面,根据因果关系判定准则,通过排除性调查,排除田间管理、病虫害以及自然环境条件等非污染因素的影响;另一方面,通过筛选支撑技术间接获取农药对作物的致害特征,与受鉴区域作物叶表观症状及发生症状时间等比对分析,间接建立因果关系链条。

#### 5.1.3 因果关系分析

##### 5.1.3.1 支撑技术选取

调查发现,无法获取案发当日无人机喷施方式、喷施速率等基本信息,仅能获取作物受损叶表观症状、农药喷施浓度和农药配比等信息。由于基础数据缺失,样本量少,且受损作物及土壤中的污染物质已降解,无法采用同位素示踪等溯源技术。经排除性调查分析发现,污染源较为明确,无需采用统计分析技术。结合鉴定案件情况,可通过控制其他条件不变,以农药浓度为变量开展模拟实验,观察大蒜等农作物叶表观症状特征,建立农药与作物的剂量反应关系,采用叶表观症状识别技术和模拟实验相结合的方法,综合判定因果关系。

##### 5.1.3.2 特征污染物分析

无人机向稻田喷施农药的有效成分为丁草胺和吡嘧磺隆,离稻田较近的农作物叶片中,丁草胺和吡嘧磺隆有检出,对照区域农作物中均未检出,初步认为丁草胺、吡嘧磺隆可能是农作物受损的特征污染物。

##### 5.1.3.3 排除性分析

###### (1)相似污染源分析

受鉴区域周边为农田和村庄,无固定污染源,损害期间,也未发现移动污染源,受鉴区域紧邻的农田作物长势正常,可排除其他相似污染源影响。

###### (2)非污染因素分析

农作物受损前后未出现异常气象,可以排除自然灾害影响。受损大蒜呈集中式和分散式分布,主要分布于紧邻稻田西侧农田,其余零散分布于农户院里及路边,但受损症状一致,可排除种植方式的影响。

病虫害受害症状与田间管理、农作物组成和季节等因素有关<sup>[48]</sup>,与距离、风向、风力关系较小。病虫害常具有发病中心,呈四周扩散趋势,分布方式分为均匀分布、区域聚集分布以及群体聚集分布<sup>[49]</sup>,不同种植模式病虫害发生情况不同。根据大蒜症状及其分布特点,可排除季节性病虫害的影响。

综上,大蒜等农作物受损可排除病虫害、自然灾害、田间管理、其他污染源等因素。

##### 5.1.3.4 关联性分析

###### (1)致害途径

无人机向稻田喷施农药当日,经过受鉴区域,喷施农药后作物便陆续出现受损症状,受损程度与稻田距离有关,紧邻稻田区域,叶片枯黄面积可达90%以上,受害程度严重;离稻田相对较远的区域,叶片枯黄面积则在70%以上;喷施农药当日,风力3级左右,风向为东南风,受鉴区域位于稻田的下风向,结合部分作物叶片中有特征污染物检出,可认为农药致害途径为大气扩散。

###### (2)叶片症状识别

据现场调查结果,受鉴区域受损农作物以大蒜为主,其受害症状一致,表现为叶片卷曲、脉间及叶尖发黄发枯、蒜瓣腐烂(图1)。

###### (3)模拟实验

以大蒜作为受试作物,开展毒性模拟实验,获取



图1 受鉴大蒜受害症状

Figure 1 Symptom pictures of appreciated garlic

农药对作物的致害症状特征(表1)。受试作物20 d出现的症状与无人机喷施后20 d出现的症状特点相似,可认为大蒜等农作物受损与含丁草胺、吡啶磺隆的农药喷施有关。

表1 农药对受试大蒜的致害症状

Table 1 Harmful symptoms of pesticides to tested garlic

喷施时间 Spray time/d	大蒜受损症状 Symptoms of damaged garlic
10	左侧植株叶尖变黄并发黑
13	右侧植株向左侧弯曲
17	右侧植株弯曲程度加深,叶片的颜色由深绿变为黄绿
20	右侧植株完全枯黄死亡,左侧植物叶片弯曲,叶片呈枯黄加重态势

## 5.2 山东某地农用水体污染损害鉴定

### 5.2.1 基本情况

山东省某水产养殖公司购买的海参卵在投放的当日晚上全部解体死亡,后续多次投放的海参卵也先后死亡。经多方排查,疑似与某化工公司泄漏的高浓度盐水有关。

### 5.2.2 鉴定难点

接受委托时,海参受损案件已发生一年多,现场情况与案发当时状况已发生明显变化,如案发当时的泄漏口已堵塞,泄漏口部分数据获取难,同时案发时受鉴水渠和养殖水体中污染物浓度及分布、案发期间涵洞两侧的水位差等信息已发生变化,因缺乏案发时的一手鉴材,相关数据或参数无法直接获取,所以无法直接建立污染物与受体损害之间的因果关系链条。

针对以上难点,一方面,可根据现有视频、图片、排放口检测数据以及双方认可的现场笔录,获取泄漏流量、泄漏口污染物初始浓度等参数;另一方面,可依据现有信息,筛选适用性好的支撑技术,并通过修正或调整技术参数,间接建立因果关系链条。

### 5.2.3 因果关系分析

#### 5.2.3.1 支撑技术

该案件委托事项明确,污染源单一,污染物明确,无需进行排除性分析,也无需采用统计分析方法。案件中特征污染物检测数据可获取,受鉴水渠容积未发生明显变化,可测量,泄漏流量可获取,满足溯源模型及模拟实验的条件,但模拟实验涉及物理模型的构建以及场地设计,所需鉴定成本高,而适用于此案件的溯源模型较为成熟,鉴定成本低,因此,选用溯源模型分析因果关系。

### 5.2.3.2 溯源模型

水体盐度采用完全混匀模型和模型模拟分别计算。模型模拟采用MIKE21中的Flow Model(fm)模型,该模型考虑的主要参数包括泄漏流量、干湿水深、涡粘系数、床底摩擦力、盐度扩散系数以及基本地形参数,根据现场调查结果,无需考虑深度修正、风等因素。其中地形参数根据受鉴水渠测量数据生成边界文件获取,受鉴区域处于干湿交替区,需设置干湿水深,水渠深度按不同区域特点分别设置调整。对上述参数进行优化处理后,不仅节省成本,也更适合于本案件。根据模型模拟结果,化工公司泄漏的高浓度盐水在5~9 d可到达取水口1,10~19 d可到达取水口2。

## 6 建议与展望

### 6.1 健全受体信息溯源机制

针对农业生产记录不完整、不规范致使受体损害溯源难、非污染因素排除难等问题,农业生产者应主动健全农业生产管理制度,并向当地农业农村部门或村委会报备。具备条件的农业生产者,可专设生产管理责任人,建立农业生产活动管理平台系统或田间管理档案,主动记录和保存农业生产活动及气候气象等文字、音频、视频、电子材料等资料和信息,确保鉴材的真实性、完整性和可收集性。

### 6.2 增强鉴材保存保全意识

针对污染物在受体中存续时间短、易消失、现场易变化、鉴定滞后性引起的鉴材不完整等问题,受害人应在受体出现受害症状后,第一时间寻求法律援助,委托政府部门或第三方公正机构对鉴定现场进行拍照、录像或文字记录,委托专业机构采集受害作物或土壤等样品并按专业要求保存。同时,可从完善诉前证据保全申请形式、优化诉前证据保全程序等方面健全诉前证据保全制度,或准许鉴定机构诉前介入现场,收集相关鉴材。

### 6.3 研发适应鉴定需求的支撑技术

除对现有支撑技术进行修正、调整技术参数、开发或集成针对不同鉴定需求的支撑技术或方法外,还需开展针对性技术研究。一是针对鉴定中污染来源不清、致害特征不明、鉴定成本高等难题,可开展农作物损害诊断图谱研究工作。通过毒性实验、鉴定案件收集等方法,建立典型污染物浓度水平与农作物叶片、果实等部位症状表达的相关性,在具体鉴定案件中,可为通过作物受害症状锁定或摸排致害污染物及其排放源提供线索,减少鉴定的盲目性,降低因

果关系鉴定成本。二是针对多数鉴材缺失、溯源参数不易获取等问题,可构建农业环境损害基础数据库。以鉴定案件数据为基础,获取不同损害类型、不同地域、不同受体类型、不同支撑技术所需参数等相关数据和资料,分类汇总基础数据,建立基础数据库。数据库的建立可大幅降低调查取证的时间和成本,在各种交织因素中快速筛查污染源,提高因果关系鉴定效率。

#### 6.4 切忌盲目信赖技术

在因果关系鉴定中,溯源与模型只是方法和工具,只有与特定案件能够获取的鉴材相契合,才能在个案鉴定中发挥作用。事实认定的科学化给审判带来的一个实际挑战是:作为科学知识外行的法官,常因科学证据带有科学光环而迷信科学证据,从而在科学证据的采信上很容易被法庭科学家牵着鼻子走。事实上,因果关系判定并不只有溯源和检测技术是可信的,常用的观察法、询问法、排除法,甚至直觉和经验,也是不可忽视的,鉴材收集与分析、现场调查、人员询问和症状观察,不仅是因果关系鉴定的重要内容和不可或缺环节,而且在很多鉴定案件中发挥着更大的作用。

#### 参考文献:

- [1] 郭培培, 张志宏, 许宜平, 等. 我国地表水与沉积物生态环境损害鉴定评估技术方法研究[J]. 环境保护, 2021, 49(14): 68-71. GUO P P, ZHANG Z H, XU Y P, et al. Study on methodologies of eco-environmental damage identification and assessment for surface water and sediment in China[J]. *Environmental Protection*, 2021, 49(14): 68-71.
- [2] JEON S K, KWON M J, YANG J S, et al. Identifying the source of Zn in soils around a Zn smelter using Pb isotope ratios and mineralogical analysis[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 601/602: 66-72.
- [3] 胡秋霞. 基于图像分析的植物叶部病害识别方法研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013. HU Q X. Plant leaf disease recognition based on image analysis[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2013.
- [4] 薛红琴. 地下水溶质运移模型应用研究现状与发展[J]. 勘察科学技术, 2008(6): 17-22. XUE H Q. Present situation of application research on the mathematic model of groundwater solute migration and its development[J]. *Site Investigation Science and Technology*, 2008(6): 17-22.
- [5] 魏恒, 肖洪浪. 地下水溶质迁移模拟研究进展[J]. 冰川冻土, 2013, 35(6): 1582-1589. WEI H, XIAO H L. Advances in groundwater solute transport simulating research[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35(6): 1582-1589.
- [6] 金淑聪. 因子分析法在环境污染检测与评价中的应用研究[J]. 低碳世界, 2021, 11(5): 44-45. JIN S C. Application of factor analysis in environmental pollution detection and evaluation[J]. *Low Carbon World*, 2021, 11(5): 44-45.
- [7] 孙天河, 刘伟, 靳立杰, 等. 基于多元统计的土壤主要重金属影响因素分析——以济南市平阴县城区及附近区域为例[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(2): 834-840. SUN T H, LIU W, JIN L J, et al. Assessment of the heavy metal influential factors based on the multivariate statistical analysis: A case study of the urban and nearby areas of Pingyin County of Jinan, China[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2021, 21(2): 834-840.
- [8] 陈雅丽, 翁莉萍, 马杰, 等. 近十年中国土壤重金属污染源解析研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(10): 2219-2238. CHEN Y L, WENG L P, MA J, et al. Review on the last ten years of research on source identification of heavy metal pollution in soils[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(10): 2219-2238.
- [9] 胡成, 王彤, 苏丹, 等. 水环境中污染物的源解析方法及其应用[J]. 水资源保护, 2010, 26(1): 57-62. HU C, WANG T, SU D, et al. Methods for source apportionment of contaminates and their application in aquatic environment[J]. *Water Resources Protection*, 2010, 26(1): 57-62.
- [10] 陈秀端, 卢新卫. 基于受体模型与地统计的城市居民区土壤重金属污染源解析[J]. 环境科学, 2017, 38(6): 2513-2521. CHEN X D, LU X W. Source apportionment of soil heavy metals in city residential areas based on the receptor model and geostatistics[J]. *Environmental Science*, 2017, 38(6): 2513-2521.
- [11] CHEN X D, LU X W, YANG G. Sources identification of heavy metals in urban topsoil from inside the Xi'an Second Ringroad, NW China using multivariate statistical methods[J]. *Catena (Giessen)*, 2012, 98: 73-78.
- [12] ZHANG X, WEI S, SUN Q, et al. Source identification and spatial distribution of arsenic and heavy metals in agricultural soil around Hunan industrial estate by positive matrix factorization model, principle components analysis and geo statistical analysis[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, 159: 354-362.
- [13] LI K J, GU Y S, LI M Z, et al. Spatial analysis, source identification and risk assessment of heavy metals in a coal mining area in Henan, central China[J]. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2018, 128: 148-154.
- [14] 伍海闻, 罗婷, 马瑾, 等. 基于PCA和地统计的西南烟田土壤重金属源解析[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(5): 1010-1018. WU H W, LUO T, MA J, et al. Principal component analyses and geostatistical analyses to estimate source apportionment of heavy metal (loids) in tobacco-growing soils in the Southwest region of China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2020, 39(5): 1010-1018.
- [15] WANG Z Q, HONG C, XING Y, et al. Spatial distribution and sources of heavy metals in natural pasture soil around copper-molybdenum mine in northeast China[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, 154: 329-336.
- [16] 于旦洋, 王颜红, 丁祚, 等. 近十年来我国土壤重金属污染源解析方法比较[J]. 土壤通报, 2021, 52(4): 1000-1008. YU D Y, WANG Y H, DING F, et al. Comparison of analysis methods of soil heavy metal pollution sources in China in last ten years[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2021, 52(4): 1000-1008.
- [17] 秦颂, 董华, 张启波, 等. 重气连续泄漏扩散的盐水模拟实验[J]. 环

- 环境化学, 2007, 26(5):666-670. QIN S, DONG H, ZHANG Q B, et al. Salt water simulation experiment for diffusion of continuous leaked heavy gas[J]. *Environmental Chemistry*, 2007, 26(5):666-670.
- [18] 汪垚, 艾燕, 彭光银, 等. 应用蚯蚓彗星实验检测环境甲醛的生态毒性[J]. 环境科学学报, 2007, 27(12):2032-2037. WANG Y, AI Y, PENG G Y, et al. Ecological toxicity of environmental formaldehyde measured by earthworm comet assay[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, 27(12):2032-2037.
- [19] 程禹, 邵辉, 刘春艳, 等. 77% 氢氧化铜水分散剂对6种陆生生物的毒性及环境风险评估[J]. 生态毒理学报, 2021, 16(5):364-376. CHENG Y, SHAO H, LIU C Y, et al. Acute toxicity and environmental risk assessment of 77% copper hydroxide aqueous dispersion granules for six terrestrial organisms[J]. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2021, 16(5):364-376.
- [20] 周素航, 郝喆. 重金属联合毒性对植物种子萌发影响的实验研究[J]. 环境保护与循环经济, 2018, 38(1):42-46. ZHOU S H, HAO Z. Study on the effect of combined toxicity of heavy metals on plant seed germination[J]. *Environmental Protection and Circular Economy*, 2018, 38(1):42-46.
- [21] 项洋, 柴沙驼, 郝力壮, 等. 化学方法在农产品产地溯源中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20):371-376. XIANG Y, CHAI S T, HAO L Z, et al. Research progress of chemical methods for geographical origin traceability of agricultural products[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(20):371-376.
- [22] 肖洋, 王新娟, 姜雪松. 气相色谱-质谱法测定水中25种挥发性有机物及其在污水厂应急溯源中的应用[J]. 理化检验(化学分册), 2015, 51(5):634-637. XIAO Y, WANG X J, JIANG X S. GS-MS determination of 25 volatile organic compounds in water and its application in tracing sources of sewage treatment plant impact emergency[J]. *PTCA(PART B: CHEM ANAL)*, 2015, 51(5):634-637.
- [23] GAGLIARDI J V, KARNS J S. Leaching of *Escherichia coli* O157:H7 in diverse soils under various agricultural management practices[J]. *Appl Environ Microbiol*, 2000, 66(3):877-883.
- [24] 李伟, 陈晓东. 微生物源追踪研究方法探讨[J]. 江苏预防医学, 2011, 22(1):64-67. LI W, CHEN X D. Discussion on research methods of microorganism traceability[J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2011, 22(1):64-67.
- [25] TORANZOS G A, CANO R J. Definitions and historical perspectives in environmental forensics[J]. *Microbiol Spectr*, 2018, 6(2):1-15.
- [26] 刘勇, 王成军, 刘华, 等. 铅同位素解析技术在工业园污染溯源中的应用[J]. 环境工程学报, 2015, 9(6):3031-3036. LIU Y, WANG C J, LIU H, et al. Application of lead isotope analysis technique for pollution sources identification in industrial parks[J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2015, 9(6):3031-3036.
- [27] LUO X S, XUE Y, WANG Y L, et al. Source identification and apportionment of heavy metals in urban soil profiles[J]. *Chemosphere*, 2015, 127:152-157.
- [28] SUN J W, HU G R, YU R L, et al. Human health risk assessment and source analysis of metals in soils along the G324 Roadside, China, by Pb and Sr isotopic tracing[J]. *Geoderma*, 2017, 305:293-304.
- [29] 孙锐, 舒帆, 郝伟, 等. 典型Pb/Zn矿区土壤重金属污染特征与Pb同位素源解析[J]. 环境科学, 2011, 32(4):1146-1153. SUN R, SHU F, HAO W, et al. Heavy metal contamination and Pb isotopic composition in natural soils around a Pb/Zn mining and smelting area[J]. *Environmental Science*, 2011, 32(4):1146-1153.
- [30] 陈锦芳, 方宏达, 巫晶晶, 等. 基于PMF和Pb同位素的农田土壤中重金属分布及来源解析[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(5):1026-1035. CHEN J F, FANG H D, WU J J, et al. Distribution and source apportionment of heavy metals in farmland soils using PMF and lead isotopic composition[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(5):1026-1035.
- [31] 赵奕然, 谷建辉, 万卫, 等. 株洲城郊农田土壤重金属污染特征与Pb同位素示踪[J]. 环境科学学报, 2020, 40(3):1074-1084. ZHAO Y R, GU J H, WAN W, et al. The features of heavy metal contamination and possible sources from Pb isotopic evidence in farmland soils, Zhuzhou suburb[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2020, 40(3):1074-1084.
- [32] TEAF C M, FLORES D, GARBER M, et al. Toward forensic uses of microbial source tracking[J]. *Microbiology Spectrum*, 2018, 6(1):115-141.
- [33] 郭帅, 朱亚先, 黄齐, 等. 在污染责任主体认定中环境中多环芳烃源识别方法的研究进展[J]. 环境化学, 2021, 40(7):1989-1998. GUO S, ZHU Y X, HUANG Q, et al. Research progress of source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in the identification of pollution liability subject[J]. *Environmental Chemistry*, 2021, 40(7):1989-1998.
- [34] 乔冰, 兰儒, 李涛, 等. 海洋溢油生态环境损害因果关系判定方法与模型研究[J]. 生态学报, 2021, 41(13):5266-5278. QIAO B, LAN R, LI T, et al. Method and model for determining the causal relationship between marine oil spill and ecological environment damage[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(13):5266-5278.
- [35] 赵多勇, 郭波莉, 魏益民, 等. 重金属污染源解析研究进展[J]. 安全与环境学报, 2011, 11(4):98-103. ZHAO D Y, GUO B L, WEI Y M, et al. New advances of source identification and apportionment of heavy metal pollution in the environment[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2011, 11(4):98-103.
- [36] 曾茜, 曾媛媛. 泰州市环保联合会诉江苏常隆农化有限公司等六公司重大环境污染评析[J]. 环境保护, 2016, 44(1):47-49. ZENG Q, ZENG Y Y. Analyzing the lawsuit cases of the great environmental pollution accidents in Taizhou[J]. *Environmental Protection*, 2016, 44(1):47-49.
- [37] APIRATIKUL R, PONGPIACHAN S, DEELAMAN W. Spatial distribution, sources and quantitative human health risk assessments of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban and suburban soils of Chile[J]. *Environ Geochem Health*, 2021, 43(8):2851-2870.
- [38] MIAO X Y, HAO Y P, ZHANG F W, et al. Spatial distribution of heavy metals and their potential sources in the soil of Yellow River Delta: A traditional oil field in China[J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2020, 42(1):7-26.
- [39] 龙宗智. 立法原意何处寻: 评2021年最高人民法院适用刑事诉讼法司法解释[J]. 中国法学, 2021(4):247-266. LONG Z Z. Where to find the original intention of legislation: Comment on the judicial in-

- terpretation of the application of the criminal procedure law by the Supreme People's Court in 2021[J]. *China Legal Science*, 2021(4): 247-266.
- [40] 墨菲 B L, 莫里森 R D. 环境损害司法鉴定导论[M]. 马栋, 译. 北京: 科学出版社, 2021: 8-36. MURPHY B L, MORRISON R D. Introduction to environmental forensics[M]. MA D, Translate. Beijing: Science Press, 2021: 8-36.
- [41] H L A 哈特, 托尼·奥诺尔. 法律中的因果关系[M]. 张绍谦, 孙战, 译. 二版. 北京: 中国政法大学出版社, 2005: 23-112. HART H L A, HONORE T. Causation in the law[M]. ZHANG S Q, SUN Z G, Translate. 2nd Edition. Beijing: China University of Political Science and Law Press, 2015: 23-112.
- [42] 王伟, 张国良, 赵晋宇, 等. 我国农业环境损害鉴定评估标准体系研究[J]. 生态学报, 2022, 42(1): 161-168. WANG W, ZHANG G L, ZHAO J Y, et al. Research on the standardization construction of agricultural environmental damage appraisal in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(1): 161-168.
- [43] 许榕, 沈靓, 王勋跃. 生态环境损害鉴定评估技术难点探讨[J]. 低碳世界, 2021, 11(1): 5-6. XU R, SHEN L, WANG X Y. Discussion on technical difficulties of ecological environment damage identification and assessment[J]. *Low Carbon World*, 2021, 11(1): 5-6.
- [44] 赵丹, 徐伟攀, 朱文英, 等. 土壤地下水环境损害因果关系判定方法及应用[J]. 环境科学研究, 2016, 29(7): 1059-1066. ZHAO D, XU W P, ZHU W Y, et al. Determining causality of soil and groundwater damage[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2016, 29(7): 1059-1066.
- [45] 于恩逸, 崔宁, 吴迪, 等. 草原生态环境损害因果关系判定路径[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 943-948. YU E Y, CUI N, WU D, et al. A path of causality judgement of grassland eco-environmental damage[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(3): 943-948.
- [46] 王伟, 石春. 农用地土壤污染责任人认定研究[J]. 环境保护, 2019, 47(22): 47-50. WANG W, SHI C. Research on the identification of the liability subject in agricultural soil pollution[J]. *Environmental Protection*, 2019, 47(22): 47-50.
- [47] 王伟. 我国农用地土壤污染责任技术鉴定[J]. 环境保护, 2021, 49(3/4): 94-98. WANG W. Technical identification of responsibility for agricultural soil pollution in China[J]. *Environmental Protection*, 2021, 49(3/4): 94-98.
- [48] 董照锋, 李俊, 赵宇. 商洛茶树病虫种类调查及主要病虫害发生分布[J]. 山西农业大学学报, 2018, 38(12): 33-37. DONG Z F, LI J, ZHAO Y. Survey of the occurrence and distribution of major disease and insect pest species of tea plants in Shangluo[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 2018, 38(12): 33-37.
- [49] 韦春义. 油茶主要枝干病虫害空间分布规律研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(3): 68-69, 73. WEI C Y. Study on the spatial distribution of diseases and pests on the main branches of *Camellia*[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(3): 68-69, 73.

(责任编辑: 李丹)