

萨尔瓦多生态卫生厕所的微生物学研究

Christine L. Moe

Emory 大学 Rollins 公共卫生学院国际卫生系副教授, 1518 Clifton Rd, Atlanta, GA 30322

Ricardo Izurieta

Emory 大学 Rollins 公共卫生学院国际卫生系副研究员, 1518 Clifton Rd, Atlanta, GA 30322

Mark D. Sobsey

北卡罗里纳大学环境科学和工程系教授, Chapel Hill, NC 27599

Lana F. Cohen, Emory 大学 Rollins 公共卫生学院国际卫生系, 1518 Clifton Rd, Atlanta, GA 30322

Steven A. Esrey

联合国儿童基金会 Senior Programme Officer, UNICEF, 3 UN Plaza, New York, NY 10017

引言

缺水、没有经费和组织机构使得许多社区无法利用水冲式厕所处理人类粪便。在许多地方,由于地下水位较高、基岩较浅或者空间有限,导致传统的坑式厕所并不可行。生态卫生厕所的目标是安全地处理人类粪便和为农业提供低成本的土壤调节剂。双坑尿分流式(DVUD)厕所和单坑式太阳能厕所将粪便在干燥和抑制粪便病原体的条件下储存一段时间,之后,经过处理的生物固体将被废弃或者作为农业肥料使用。

虽然成千上万的双坑式尿分流厕所和太阳能干燥厕所已经在世界上许多地方得到安装和使用,但令人担忧的是,关于有效运行和维护方法、性能特性、性能监控的合适方法、微生物安全和生物固体终端产物的农业价值、以及厕所使用过程中接触病原体和肠道疾病发生的风险等科学数据却少得可怜。这些科学数据将有助于非水冲式厕所的最优设计和运行,以便提供安全、生态型和低成本的卫生设施,大大降低粪便污染带来的肠道疾病的危险。我们的研究目的是描述非水冲式厕所的性能特性、在萨尔瓦多几个社区使用和维持的实践、以及评估终端产物的微生物安全性。本文将报告在中美洲萨尔瓦多七个社区研究的初步结果。

现场方法

我们在萨尔瓦多的六个农村和一个城市社区调查了使用双坑式尿分流厕所的 396 户家庭和使用太阳能非水冲式厕所的 33 户家庭。厕所的平均使用年数为 6.3 年,最少 1 年,最多 18 年。我们与每户家庭的一家之主进行了交谈,收集了如下信息:家庭人口统计、水供给和处理、厕所使用和维持方法(比如厕所坑中添加物的类型和数量、粪便的存储时间、粪便从坑中除去后的进一步处理方法、以及终端产物的利用或清除)、厕所使用中的问题、以及家庭对厕所和相关疾病传播的知识和态度等。另外,我们还检查了厕所的质量,并记录了一些关于厕所设计和建筑、清洁、通风、以及有没有添加物等信息。最后,我们打开了当时没有使用的厕坑盖,利用一个取芯设备,从粪堆的顶部、中部和底部提取了一些生物固体样本。为了确定取样时坑中生物固体的龄期,我们还向家庭询问了最近一次使用该厕所的时间。在取样时,我们记录了每一样本的颜色和结构、周围温度和堆中的温度。

实验室方法

我们利用一系列物理学和微生物学的测量方法，评估了在双坑式尿分流厕所和太阳能非水冲式厕所的环境条件下，微生物受抑制情况。选择了一些代表肠道细菌、原生生物、寄生虫和滤过性病毒病原体存活的微生物指示物（粪便大肠菌、产气荚膜杆菌，体细胞和雄性大肠杆菌噬菌体）作为典型。对于每一个厕所，用粪堆顶部、中部和底部样本的加权方式，准备了三个样本的混合样本。混合样本悬浮在缓冲器里（悬浮 10%）。然后等分样本，进行物理学和微生物学测试。在样本中加入蒸馏水直至可以利用标准 pH 测针对样本的 pH 值进行测量。通过对 10~50 克混合样本的最初质量与其干燥后的质量的比较测定其湿度。这些混合样本放在 103°C 的烤箱中一个晚上，第二天再测定其质量，并一直重复此过程直到其质量变化 <4%。利用 A1 肉汁培养和多试管技术分析 *E. Coli*；利用铁、奶介质（iron milk media）和多试管技术分析产气荚膜杆菌。通过最大可能数（mpn）表计算每克样本中的粪便大肠菌和产气荚膜杆菌的数量。体细胞大肠杆菌噬菌体按照 CN 13 寄主上噬菌斑形成单位(pfu)来测量；雄性肠杆菌噬菌体按照 Famp 寄主上的噬菌斑形成单位(pfu)来测量。每一复合样本的等分试验在 4°C 条件下进行保存，以测试其中是否存在蛔虫卵。

结果和讨论

家庭的大小规模在 1 到 23 人之间，平均为 5 人。我们观察了各个家庭规模的厕所建筑 and 双坑尿分流式厕所的维护状况。大多数建造稳固的厕所由砖墙、金属顶和门组成。最差的厕所有塑料袋或者棕榈树叶遮掩的墙和部分房顶，而没有门。大多数厕所有混凝土坐便器。而有些厕所有当地生产的玻璃纤维或者塑料坐便器，包括一个供小孩使用的小型坐便器，较舒适且易于清洗。几乎 80% 的受调查厕所有一个功能实用的尿分流系统。人们对于双坑尿分流式厕所的知识、态度和实践差别很大。在这些系统中使用了各种厕所添加物：80% 的家庭加灰；65% 加石灰；12% 加土；11% 加木屑。有些家庭使用了不止一种添加物。家庭使用厕所中一个坑的时间由 1 个月到 5 年不等。

大多数家庭使用一个坑约 1 年后才使用另一个。根据家庭的报告，我们所收集的生物固体的存储时间从小于 1 月到大于 1 年。大约 50% 的家庭说他们相信在坑被清空时，终端产物是安全的；只有 12 户家庭说在从坑中除去粪便之后，他们对终端产物作了进一步的处理；1/3 的被研究家庭报告他们掩埋了终端产物；另外 13% 的家庭说他们将终端产品用于住宅周围的农业生产；1% 的家庭报告他们将终端产物给了其他使用者。对于双坑尿分流式厕所的总体满意度是高的，79% 的受调查家庭报告，他们对这个系统非常满意。作为社区介入工作的一部分，少数家庭记得他们在建造 DVUD 厕所时接受了卫生教育。

存储的生物固体的温度范围是 20~37.5°C，平均 27.2°C。这些结果显示，这些厕所不是“真的”堆肥系统，因为它们没有达到有氧堆肥的典型内部高温(>50°C)。样本的 pH 值范围是 5.1 到 12.8，平均为 9。样品的的固体百分数由干重除以初重得到，我们观察到固体百分数变化范围很广 (2~98%，平均 52%)。

这些系统对微生物的抑制作用是温度、pH 值、粪堆中的湿度和存储时间长短共同作用的结果。高温、高 pH 值和低湿度将促使排泄物中微生物病原体的死亡。我们观察到的物理条件的变化范围可以解释 DVUD 的生物固体样本中微生物学研究结果的多样性。样本中粪便大肠菌数量的估计范围从不可检测水平(<2)到每克大于 1.6×10^7 最大可能数，平均每克 57.55 最大可能数。产气荚膜杆菌数量的估计范围从不可检测水平(<2)到每克大于 1.6×10^7 最大可能数，几何平均为每克 9.6×10^3 最大可能数。产气荚膜杆菌是一种顽固的孢子结构厌氧生物，可以指示环境中原生生物卵囊和寄生虫卵的顽固性。大肠杆菌噬菌体是肠道滤过性病毒病原体存活的指示物，样本中体细胞大肠杆菌噬菌体的最高浓度是每克 1.0×10^8 pfu；雄性大肠杆菌噬菌体的最高浓度是每克 1.3×10^4 pfu。

对于双坑尿分流式厕所的自然条件和操作实践、微生物指示物浓度之间关系的进一步研究将在会议期间提交。

总结

我们观察了萨尔瓦多七个社区中各种双坑尿分流式厕所和太阳能厕所的质量和性能。其中一些厕所达到了良好条件：促进了微生物抑制，并使生物固体中微生物指示性生物体数量达到低或不可检测水平。其它厕所则没有做到良好运行。少数被研究家庭将生物固体终端产物使用于农业。不能用单个的物理因素（pH 值、温度、湿度和存储期）来预测微生物指示物的浓度，这表明微生物质量是多种因素共同作用的结果。需要做进一步的研究来确定和理解双坑尿分流式和太阳能厕所以及卫生教育成功运行的决定因素，卫生教育是在农村和城市地区成功运行这些厕所所必需的。