

高级研修班结业心得

**编者按：**

为全面贯彻国家科教兴国和人才引领发展战略，落实《关于加强2022年北京市高级研修班工作以及资助经费管理的通知》（京人社专技字[2022]44号）要求，由北京市人力资源和社会保障局主办，中关村旭月非损伤微测技术产业联盟承办，中科院匡廷云院士担任研修班主席的《2022年非损伤微测技术应用高级研修班（植物领域）》（以下简称研修班）已于2022年10月20日顺利闭幕！

本次研修班以通过科技部国际领先评审的《非损伤微测技术及其应用》为培训内容，紧紧围绕创新驱动发展战略，发挥举国体制优势，集中全国优秀NMT专家智慧，积极培养关键核心技术相关人才。为推进“国际科技创新中心”建设、科技创新能力提升、科技成果转化应用及新发展格局构建，提供各领域NMT系统化知识积累和加大NMT人才储备力度。

编者在本栏目分享如下几篇优秀的高级研修班结业心得，以飨读者。

非损伤微测技术研修班收获及展望

彭吾光

西南林业大学生态与环境学院 / 环境修复与健康研究院, 昆明 650224

摘要: 非损伤微测技术是一种能够在实验材料活体情况下, 实时高效动态检测分子或离子三维流速信息的技术, 在诸多科研领域拥有广泛的应用前景。笔者在参加非损伤微测技术研修班的基础上, 总结了学习心得, 并结合笔者研究方向提出了展望。

关键词: 非损伤微测技术, NMT, 重金属

1. NMT 技术

非损伤微测技术 (Non-invasive Micro-test Technology, NMT) 是一种能够实时检测分子或离子进出活体生物样品的三维流速信息的技术, 是研究生理活动重要的工具 (丁亚男等, 2007)。其拥有高灵敏度、高空间分辨率、可测指标多、可测种类多、活体检测、相对非损伤测量、实时可视化数

据、应用范围广、三维自动化操作等特点。由于 NMT 传感器尺寸很小, 拥有较高的灵敏度, 因此可检测的对象很多, 整体生物体、生物器官、组织、细胞层、单细胞、甚至是富集的细胞器 (贾代东等, 2017)。同时, 对于同一检测对象, NMT 可以在活体状态下检测不同部位的离子流, 从而在更高的空间分辨率上解析生理活动, 做到“指哪打哪”。NMT 可测的指标很多, 有 H^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、

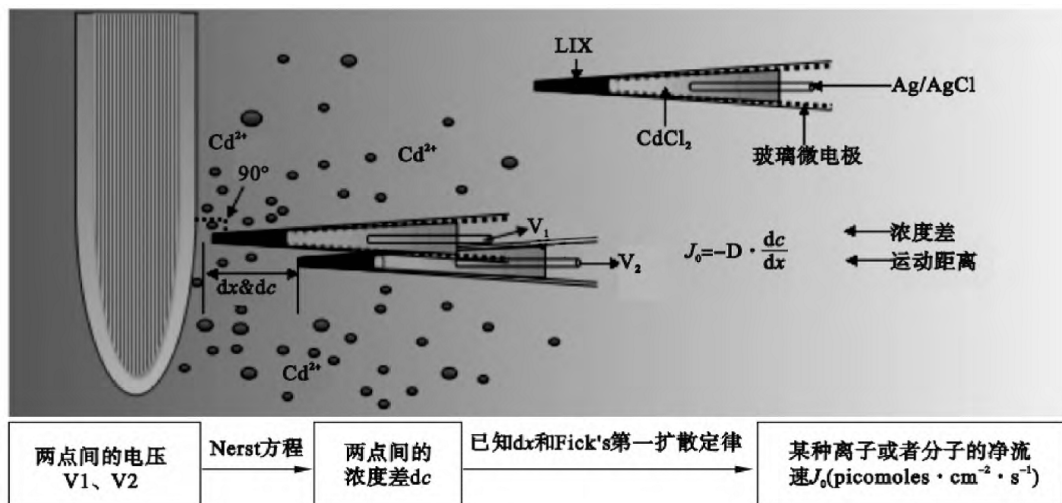


图 1. 以测量进出根尖的 Cd^{2+} 为例的 NMT 技术原理 (季丹丹等 2015)

K^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 NH_4^+ 、 O_2 等 50 多种分子和离子及温度等参数，并且能够同时测量多种离子及其参数（迟申燕等，2021）。NMT 技术在多个研究领域拥有广阔的应用前景。

非损伤微测技术是通过微电极和微传感器获取离子和分子的信号，基于 Nernst 方程和 Fick's 第一扩散定律计算离子和分子的浓度和流速，能够获得非常细微的信号，流速能够达到 $10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。图 1 以测量进出根尖的 Cd^{2+} 为例说明 NMT 技术的测定原理（季丹丹等，2015）。与传统技术相比，该技术拥有高精度的特点。

1974 年，神经科学家 Lionel F. Jaffe 首次提出 NMT 的概念。1990 年，美国 MBL（Marine Biological Laboratory, MBL）实验室第一次成功使用 NMT 测定进出细胞的 Ca^{2+} 流速及运动方向（李静等，2014）。1995 年，MBL 的 Smith 较为详细的阐述了 NMT 的物理学、数学基础以及应用方式，NMT 技术理论体系进一步完善。2001 年，中国许越（Jeff Xu）和 Dr.Jaffe 实现了传感器运动轨迹可编程、三位自动测量等功能，现代 NMT 技术的雏形就此诞生。目前，NMT 技术目前已广泛应用于医学、植物学、动物学、微生物学、农业科学、药理学、环境科学等领域（宋雪皎等，2017）。

2.NMT 在作物氮素营养中的应用

中国农业科学院茶叶研究所，国家茶树改良中心，农业部茶树生物学与资源利用重点实验室的阮丽老师团队，通过 $15N$ 同

位素标记法和 NMT 法测定两个茶树品种在不同氮素水平下对氨态氮和硝态氮的吸收与利用，来验证 NMT 技术和实时荧光定量（qRT-PCR）技术在早期鉴定茶树株系氮素吸收利用能力方面的可行性与实用性（苏静静等，2020）。结果表明，两种方法测定结果均显示茶树均有明显的喜铵特性，并且认为 NMT 技术可以在短时间内处理并测得茶树的瞬时吸收速率，可以用于茶树瞬时吸收速率的早期鉴定。在测定作物氮吸收效率时较为常用的方法是 $15N$ 同位素标记法，但由于其耗材和测定价格昂贵，常常使开展大样本量的研究变得困难，且制样时需要冷冻干燥，因此仅可测定样品某一特定时间点的氮素积累量，但是氮素吸收是一个动态的过程。与该方法相比，NMT 技术有实时、动态测定的特点，保证了生物样品的完整性和生理活性，同时，高分辨率和高灵敏度，保证了实验的准确性。在该研究中，NMT 技术的稳定性高于 $15N$ 同位素标记法，但重复性略低。NMT 技术稳定性高的原因可能是其测定的是根系短时间内对营养物质的吸收能力，而 $15N$ 同位素标记技术主要测定植株整体或部分器官对于营养物质一定时间内的积累，因此处理时间的长短可能导致 NMT 稳定性较高。至于 NMT 的可重复性较低，可能是二者测定对象不同导致的， $15N$ 测定的是冷冻干燥后的无活性粉末，而 NMT 测定的是活体，活体根系处于动态平衡状态，因此 NMT 的可重复性较低。但其可重复率依然在 90% 以上，具有测定短时间处理下的瞬时吸收速率，使用的实验材料少，更适合茶树氮素吸收效率的早期鉴定。

从这项研究中，我们可以看到 NMT 技术在植物生理生态领域广阔的应用前景。其瞬时测定的特点是一大亮点，传统的方法大多需要复杂的制样过程，往往是测定某一段时间内植物的积累量，而 NMT 技术可以直接测定瞬时数据，植物营养元素的吸收是一个动态的过程，受多种因素共同影响，动态的数据能更好的反映植物的状态。另外，高空间分辨率的特点可以直接检测植物根的不同部位的离子或分子流速。植物根毛是一个微小而精妙的结构，在以往的方法中，我们常常难以准确分辨监测根的各个区域的生理活动，而 NMT 技术“微测”的特点为进一步探索植物生理过程提供了一种新的方法。

3.NMT 在重金属污染修复和人体健康研究中的应用前景

土壤中重金属可以通过食物链或其他途径进入大气和水中，进而进入人体中，对人的健康造成威胁。修复重金属污染的土壤成为当前研究的热点，其中植物修复具有环保、经济、高效的特点而被广泛研究。有些植物对某些重金属有着比较高的富集能力和耐受能力，能够从土壤中大量吸收重金属，并将其转化成无毒形态积累在植物体内，这类植物我们称之为超富集植物，比如蜈蚣草是砷的超富集植物。这类植物在污染治理方面拥有很大的潜力。基于此，有必要研究植物对重金属的耐受性、重金属对植物的毒害作用、超富集植物对重金属的富集及体内平衡机理。NMT 技术能实时监测重金属离子流，有利于研究植物对重金属的富集

和体内平衡机理、植物对重金属的耐受性、以及重金属对植物的毒害作用，从而为治理重金属污染土壤提供理论指导（陈思宇等，2019）。

环境中的重金属常常通过食物、误食等途径进入人体消化系统，对人体健康造成危害，笔者所在团队前期已做出一些研究，在消化系统暴露中，肠相吸收是重金属经消化道进入人体的主要途径。而重金属暴露后，并不会被人体完全吸收，有一部分会排除体外。生物有效性是指经重金属暴露后，被人体吸收的部分占暴露重金属总量的百分比。事实上，生物有效性受多种因素影响，研究生物有效性及其影响因素有利于更科学地评估重金属对人体健康的危害，并为降低重金属对人体健康的危害提供思路。在生物有效性的研究中，以往的研究大多采用动物实验法或体外细胞模拟法，测定其暴露前后各部分的重金属量来计算重金属的生物有效性。笔者认为，如果将体外细胞模拟法或动物实验法与 NMT 技术结合起来，量化重金属在人体消化道各阶段的吸收速率，并探究其影响因素，以期找到降低重金属吸收速率的途径，将会对降低重金属对人体健康的危害提供思路。

总之，NMT 技术拥有其独特的优点，能为各个领域的科学研究工作者提供新的思路和方法，在医学、植物学、动物学、微生物学、农业科学、药理学、环境科学等领域都有广泛的应用，且拥有很多待挖掘的应用潜力。例如，NMT 技术单独使用会有很多局限性，但是如果多开发多设备技术联用，将会大大拓展该技术的应用场景。

参考文献

- 丁亚男, 许越 (2007). 非损伤微测技术及其在生物医学研究中的应用. 物理 07, 548-558.
- 贾代东, 刘爱琴, 李惠通, 等 (2017). 非损伤微测技术在植物生理生态学研究中的应用进展. 应用与环境生物学报 23(01), 175-182.
- 迟申燕, 杨欢, 蒋萍萍, 等 (2021). 非损伤微测技术 (NMT) 在环境保护研究中的应用. 冶金管理 01, 141-153.
- 季丹丹, 魏树和, 王嗣淇 (2015). 非损伤微测技术及其在环境科学领域的应用. 生态学杂志 34(10), 2951-2955.
- 李静, 韩庆庆, 段丽婕, 等 (2014). 非损伤微测技术在植物生理学研究中的应用及进展. 植物生理学报 50(10), 1445-1452.
- 宋雪皎, 李岩, 张春庆 (2017). 非损伤微测技术及其应用. 分析仪器 02, 78-83.
- 苏静静, 阮丽, 王丽鸳, 等 (2020). 茶树氮吸收效率的早期鉴定技术研究. 茶叶科学 40(05), 576-587.
- 陈思宇, 周嘉文, 吴龙华, 等 (2019). 铝对伴矿景天镉吸收影响的非损伤微测技术探究. 2019 年中国土壤学会土壤环境专业委员会、土壤化学专业委员会联合学术研讨会论文摘要集. pp.32.

(责任编辑: 李雪霏)