

NMT 通讯

生命即环境

特刊

2025 Vol. 3 No.2

总第15期

非损伤微测技术白皮书

基因与功能，生命与环境的互作科研桥梁



ISSN 2834-5355

eISSN 2834-5363



9 772834 535003

非损伤微测技术国际联盟 主办

中关村旭月非损伤微测技术产业联盟 承办



顾问及编委

顾问

匡廷云 院士 （中国科学院植物研究所）

杨福愉 院士 （中国科学院生物物理研究所）

林克椿 教授 （北京大学医学部）

Dr. Marshall Porterfield (Perdue University, USA)

Dr. Sergey Shabala (Tasmania University, Australia)

主 编

许越 （NMT国际联盟）

副主编

刘蕴琦 （中关村NMT产业联盟）

杲红建 （旭月（北京）科技有限公司）

张增凯 （旭月生物功能研究院）

编 委

李磊 （旭月（北京）科技有限公司）

巨肖宇 （旭月（北京）科技有限公司）

马跃 （中关村NMT产业联盟）

郭巍玮 （旭月（北京）科技有限公司）

Cote,Kella (YoungerUSA,LLC)

责任编辑

叶斌 （旭月生物功能研究院）

李雪霏 （中关村NMT产业联盟）

美 编

刘兆义 （中关村NMT产业联盟）

印 装

开本：16开 210mmx285mm

字数：31993字



生命 $\approx$ 环境

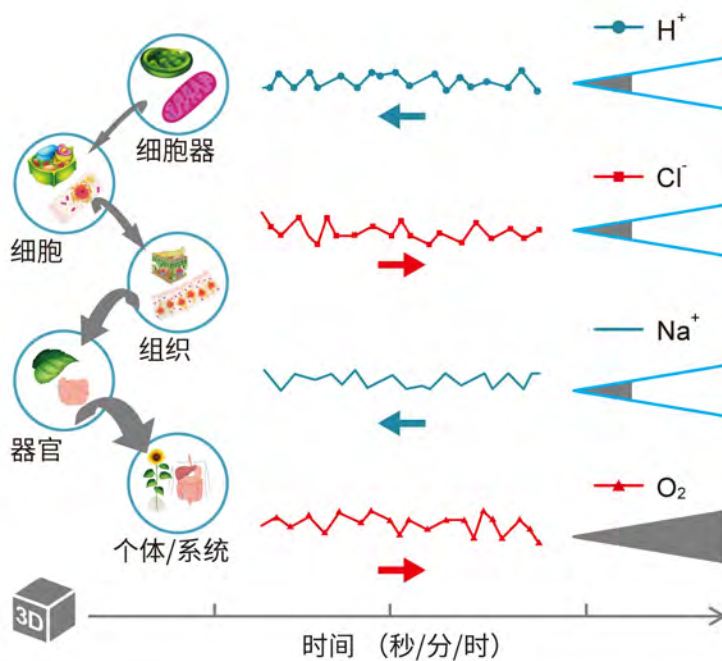
许越 (Jeff)

美国扬格公司创始人

非损伤微测技术 (NMT) 白皮书

NMT技术介绍 • 生命科学版

Non-invasive Micro-test Technology & Its Applications in Life Sciences



doi:10.5281/zenodo.17181754

2024年5月

Ver. 1.0

致谢

美国扬格公司与旭月（北京）科技有限公司对全世界众多科学家、教授、学生、工程师、商业合作伙伴、竞争对手，尤其是我们的客户深表感激，他们为非损伤微测技术（NMT）的发展提供了灵感、支持和动力。



贡献者名单（按姓名拼音排序）

陈立新
暨南大学

陈少良
北京林业大学

陈迎迎
广西林科院

种康
中国科学院植物研究所

狄东伟
中国科学院南京土壤所

冯静倩
衢州职业技术学院医学院

付道鸿
柏林洪堡大学

龚磊
兰州大学

郭岩
中国农业大学

洪君琳
台北医学大学

江志坚
中国科学院南海海洋研究所

匡廷云
中国科学院植物研究所

Lana Shabala
塔斯马尼亚大学

郎明林
中国科学院大学

李建芳
中国农业大学

李丽
天津市农业科学院

梁兴杰
国家纳米科学中心

林克椿
北京大学

林豊益
台湾师范大学

Lionel Jaffe
芝加哥大学海洋生物学实验室

刘蕴琦
中关村 NMT 产业联盟

罗志斌
中国林业科学研究院林业研究所

Marshall Porterfield
普渡大学

潘彦舒
北京中医药大学

祁金顺
山西医科大学

亓文倩
中国科学院南海海洋研究所

邱泽生
首都师范大学

Sergey Shabala
西澳大利亚大学

邵文靖
中国科学院大学

盛华春
西南民族大学

施卫明
中国科学院南京土壤所

史以超
航天中心医院

孙健

江苏师范大学

孙凯

南京师范大学

孙瑞雪

河北北方学院

谭定权

重庆传媒职业学院智慧健康学院

汤艳

中国科学院理化技术研究所

万和平

江汉大学生命科学学院

王兵

贵州省烟草科学研究所

王利红

江南大学环境与土木工程学院

王立伟

暨南大学

王嗣淇

沈阳理工大学

王耀生

中国农科院环发所

魏树和

沈阳应用生态研究所

解丽霞

山东省农业科学院湿地农业与生态研究所

吴强盛

长江大学

武维华

中国农业大学

许飞云

福建农林大学

徐涛

中国科学院生物物理研究所

许卫峰

福建农林大学

许越

美国扬格公司

旭月（北京）科技有限公司

中关村 NMT 产业联盟

国际 NMT 联盟

薛傲

黑龙江中医药大学

杨福愉

中国科学院生物物理研究所

杨维才

中国科学院遗传与发育生物学研究所

叶文秀

北京大学高等农业科学研究所

银叶

青岛科技大学

Yoshiharu Mimata

北京大学高等农业科学研究所

于宁

中国人民解放军总医院

张力

北京协和医院

张维

中国科学院理化技术研究所

赵微平

首都师范大学

朱进霞

首都医科大学

目录	
生命即环境	4
中国科研：不做跑错方向的兔子	6
摘要	10
关键词	10
1 引言	15
2 NMT: 非损伤微测技术	12
2.1 原理和特点	12
2.1.1 两点测量方案	12
2.1.2 流速与电压差	13
2.1.3 人工离子/分子源测试与动态校准	14
2.1.4 物理空间和化学空间	14
2.1.5 一维、二维、三维和六维测量	15
2.1.6 人工智能时代的高通量非损伤微测技术	17
2.1.7 Gradraw® 与 NMT 可视化	17
2.2 NMT 的局限性	18
2.2.1 NMT 传感器	18
2.2.2 时间分辨率	19
2.2.3 空间分辨率	19
2.3 与其他技术相比的优势	19
2.3.1 NMT 与微电极的比较	19
2.3.2 NMT 与膜片钳技术的比较	20
2.3.3 NMT 与荧光显微镜的比较	22
2.3.4 NMT 与放射性标记、核磁共振、气相色谱、循环伏安法和纳米二次离子质谱的比较	22
3 NMT 在生物和生物医学研究中的应用	23
3.1 人类病理学	23
3.1.1 肿瘤	23
3.1.1.1 胶质瘤	23
3.1.1.2 口腔鳞状细胞癌	23
3.1.1.3 抗癌药物耐药性	23
3.1.2 糖尿病	23
3.1.2.1 达格列净与 O ₂	23
3.1.2.2 Ca ²⁺ 流速与 2 型糖尿病的胰岛素分泌	23
3.1.2.3 Ca ²⁺ 流速与 1 型糖尿病的胰岛素分泌	23
3.1.3 水肿	24
3.1.3.1 布美他尼的副作用	24
3.1.4 毒理学	24
3.1.4.1 纳米材料与环境毒性评估	24
3.1.4.2 壳聚糖与环境毒性评估	24
3.2 人类生理学	24
3.2.1 胃肠病学	24
3.2.1.1 恩他卡朋的副作用	24
3.2.1.2 大黄素与 Cl ⁻ 分泌	24
3.2.2 生殖医学	24
3.2.2.1 细胞凋亡与 K ⁺ 外流	24
3.2.2.2 卵母细胞活力与 Ca ²⁺ /Na ⁺ 交换体	24
3.3 神经生物学	25

3.3.1 阿尔茨海默症与 Ca^{2+}	25
3.3.2 阿尔茨海默症与 $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$	25
3.3.3 阿尔茨海默症与 Cu^{2+}	25
3.4 耳鼻咽喉学	26
3.4.1 鼻咽癌细胞在 RVD 过程中的离子转运	26
3.4.2 耳蜗毛细胞 Ca^{2+} 转运与听觉研究	26
3.5 眼科学	26
3.5.1 近视与 K^+ 稳态	26
3.5.2 视网膜与 H^+ 流速	26
3.6 再生医学	26
3.7 精准个性化医疗	26
3.8 中药学	27
3.8.1 中药药理学研究	27
3.8.2 药用植物抗逆研究	27
3.9 中医学	27
3.9.1 针灸机制与 IMH	27
3.10 药学	27
3.11 药剂学	27
3.12 运动医学	28
3.12.1 肌肉损伤与 Ca^{2+} 稳态	28
3.12.2 肌肉能量与 O_2 流速	28
3.12.3 肌肉张力与 Ca^{2+} 流速	28
3.13 昆虫学	28
3.13.1 两种不同的离子调节机制	28
3.13.2 昆虫激素与离子稳态	28
3.14 动物生理与行为	28
3.14.1 肌肉收缩与 Ca^{2+} 来源	28
3.14.2 胚胎中的离子来源	29
3.14.3 能量代谢	29
3.15 植物生理学与生物化学	29
3.15.1 抗性生理学	29
3.15.1.1 盐胁迫	29
3.15.1.1.1 GORK/NSCC 与 K^+ 保存	29
3.15.1.1.2 质子泵 H^+ -ATPase 与 H^+	29
3.15.1.1.3 Na^+ , K^+ , H^+ 和 Ca^{2+}	30
3.15.1.1.4 PePLD/SOS2-SOS1/PI4P/PI/GmSALT3 与 Na^+/K^+ 稳态	30
3.15.1.2 温度胁迫	30
3.15.1.2.1 低温与 COLD1 中的 Ca^{2+} 流入	30
3.15.1.2.2 低温与 LSI1/OsCNGC9 耐盐基因	30
3.15.1.2.3 高温与 TT2 (THEROMOTOLERANCE 2)	30
3.15.1.2.4 高温与 HTS1/KAR	30
3.15.1.3 重金属胁迫	30
3.15.1.3.1 检测 $\text{Cd}^{2+}/\text{Cu}^{2+}/\text{Pb}^{2+}$ 的流入	30
3.15.1.3.2 Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} 与重金属胁迫	30
3.15.1.3.3 H^+ , O_2 与营养吸收、氧化还原电位	30
3.15.1.3.4 NH_4^+ 对 Cd^{2+} 的解毒作用	30
3.15.1.3.5 Cd^{2+} 的吸收与 Ca^{2+} 通道	31
3.15.1.3.6 OsHIPP9/BcHIPP16 与 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 的吸收	31

3.15.1.3.7	HvNAT2-OX 与 Cd^{2+} 的吸收	31
3.15.1.4	水分胁迫	31
3.15.1.4.1	H^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 H_2O_2 与水分胁迫	31
3.15.1.4.2	ABA、IAA 与抗旱性	32
3.15.1.4.3	气孔关闭与 H_2S 、SAL1-PAP 信号通路	32
3.15.1.4.4	气孔关闭、质膜 H^+ -ATPases 与 ABA	32
3.15.1.5	植物免疫	32
3.15.1.5.1	Ca^{2+} 与草食动物侵害	32
3.15.1.5.2	K^+ 与植物免疫	32
3.15.1.5.3	Ca^{2+} 与植物免疫	32
3.15.1.5.4	eATP 与抗逆性	32
3.15.2	植物激素与生长发育	33
3.15.2.1	ABA 与叶片衰老	33
3.15.2.2	IAA 与 H^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+}	33
3.15.2.3	Ca^{2+} 与花粉管生长	33
3.15.3	植物与微生物的相互作用	33
3.15.3.1	外生菌根真菌与植物营养吸收	33
3.15.3.2	植物根际促生菌与植物耐受性	34
3.15.4	植物营养	34
3.15.4.1	时空因素	34
3.15.4.2	酸碱度	34
3.15.4.3	NH_4^+ 毒性	34
3.15.4.4	节奏模式	35
3.15.5	种质研究	35
3.15.5.1	种子活力	35
3.15.5.2	抗逆种质研究	35
3.16	环境生态研究	35
3.16.1	微生态	35
3.16.2	湿地温室气体减排	35
3.16.3	温室气体的生态效应	36
3.17	生物海洋学与海洋生物资源	36
3.17.1	海草生态系统与 NH_4^+ 来源	36
3.17.2	盐度与重金属耐受性	36
3.18	生物安全中的应用	36
3.19	空间生物学中的应用	36
3.20	总结	36
4	历史与前景	38
4.1	历史	38
4.1.1	起源	38
4.1.2	高等教育中的 NMT	38
4.1.3	NMT 在中国与世界	38
4.1.4	中关村旭月非损伤微测技术产业联盟	39
4.1.5	NMT 标准化与标准操作流程	39
4.1.6	NISC: NMT 国际标准化委员会	40
4.1.7	中国国家团体标准发布平台	40
4.1.8	NMT 硬件/软件/服务认证	40
4.2	前景展望	40
4.2.1	离子分子组学 (imOmics) 与 生物离子分子组学项目 (BiP)	40
4.2.2	NMT 产业化	40

4.2.3 NMT 国际联盟: NMTia.....	41
5 结论	42
引用	43
补充数据	54
表格	54
表 1. 已经商用的 NMT 传感器列表及支持文献.....	54
表 2. NMT 与其他离子/分子检测技术的比较.....	55
表 3. NMT 测试样品汇总.....	56
表 4. 按应用分类的引用列表	58
表 5. NMT 相关教材及章节综述.....	78
表 6. 联盟 NMT 国际标准化委员会批准的标准化操作流程总结	80
表 7. NMTia 批准的产品和服务保证及证书摘要.....	81
表 8. NMT 教程、讲座、技术演示等视频.....	82