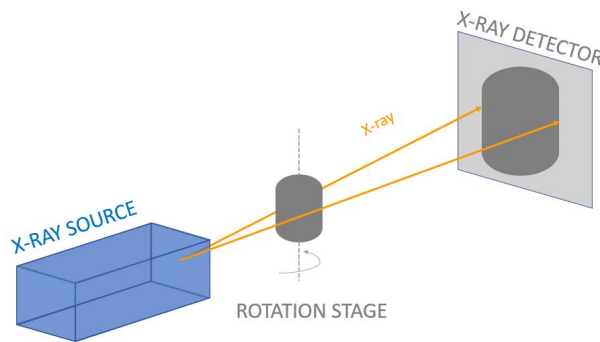


显微 CT 技术在农业领域中的应用

近年来，随着前沿生物技术和精密仪器的引入，农业领域的研究取得了许多突破性进展和成果。显微 CT 技术以 X 射线成像为原理，为研究人员提供了一种强大的工具，能够深入探究农作物、植物和土壤的微观世界，为农业科学研究和生产带来新的视角与方法。

一、显微 CT 技术简介

显微 CT 技术利用 X 射线照射样品，通过探测器记录透射的 X 射线强度分布，再利用计算机算法重构出样品的三维内部结构。其独特之处在于能够在非破坏的情况下，提供高分辨率和全方位的三维图像。



显微 CT 结构示意图：射线源和探测器不动，样品台旋转

显微 CT 技术可以无损地提供详细的材料内部信息，包括：

结构信息：如直径、体积、表面积、圆度、连通性、空间分布.....

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5，705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

密度信息：如空腔孔隙、元素轻重、成分分布.....

三维模型：如有限元分析、3D 打印.....

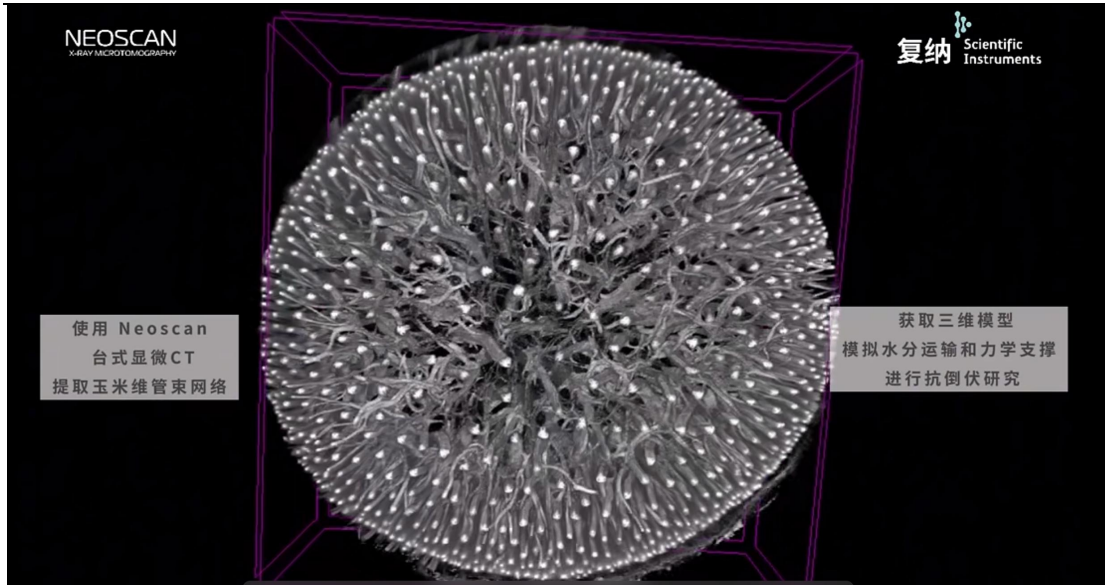
二、显微 CT 技术在农业中的应用

1. 植物内部结构分析

显微 CT 技术能够无损地获取植物内部结构的高分辨率三维图像，这对于研究植物的茎秆维管束、叶片结构、果实和种子内部结构等具有重要意义。通过显微 CT 技术，研究人员可以详细观察植物内部结构的微观特征，从而更好地理解植物的生长、发育和适应性。

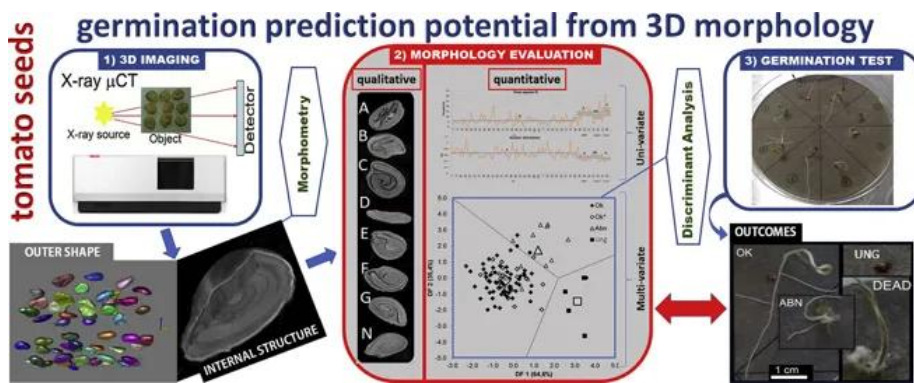
(1) 植物茎秆维管束研究

显微 CT 技术可以精确地揭示作物茎秆中的维管束分布、形态和结构特征，为作物的遗传解析、抗倒伏性评估、高通量表型数据获取以及数据库构建等方面提供了强有力的工具。

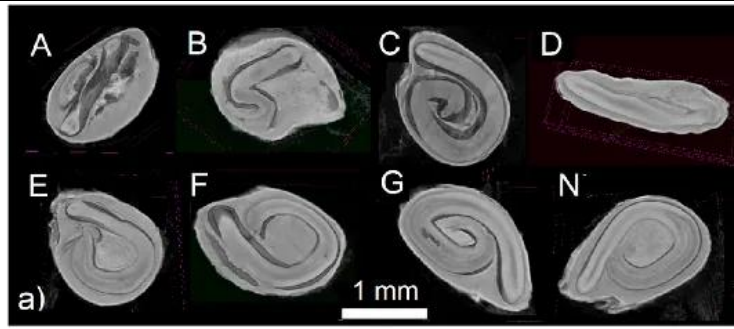


(2) 作物种子内部结构分析

显微 CT 技术允许对种子进行无损检测，可以探索种子内部种皮、胚芽、胚乳等，并进行体积分析，帮助评估种子的萌发潜力、出芽率和质量。



使用显微 CT 技术预测番茄种子的萌芽潜力，发芽测试结果示例：正常幼苗、异常幼苗、死亡种子、未发芽种子。图片源于文献^[2]。

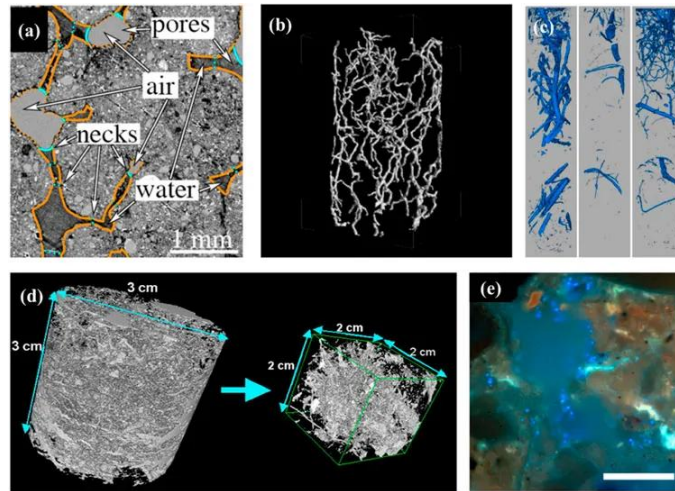


A) 严重变形的胚胎, B) 轻微变形的胚胎, C) 严重缩小的胚乳, D) 侧向弯曲的子叶, 即垂直方向 种子横切面, E) 反折子叶, 即种子内的一个或两个子叶急剧反折, F) 胚乳中的孔, G) 子叶中的裂缝, N) 正常种子结构。图片源于文献^[2]。

2.土壤结构及植物根系结构分析

(1) 土壤结构研究

土壤团聚体微结构对土壤的物理、化学和生物特性有显著影响。显微CT 技术可以用于扫描土壤样品, 获取土壤团聚体的三维图像, 进而分析土壤孔隙度、孔隙分布、团聚体稳定性等特性。这对于评估土壤质量、指导土壤管理和改良措施具有重要价值。



(A) 非饱和多孔土壤团聚体的 X 射线计算机断层扫描 (X 射线 CT) 切面、饱和孔隙和非饱和孔隙以及颈部区域；(B) 带根土壤的显微计算机断层扫描重建切面；(C) 土壤核心中根网络的三维可视化；(D) 利用同步加速器 X 射线 CT 表征土壤团聚体；(E) 在体积密度为 1.3 g cm^{-3} 的土壤微生物系统薄切片中 DAPI 染色的荧光假单胞菌细胞 (亮蓝色)。图片源于文献^[3]。

(2) 植物根系结构研究

根系是植物的重要器官，用于从土壤中吸收水分和养分。为了有效地吸收水分和养分，植物发展了不同形态和功能的根系，如主根和侧根以及根毛。这些不同根系类型在土壤中的空间分布被称为根系结构 (RSA)。

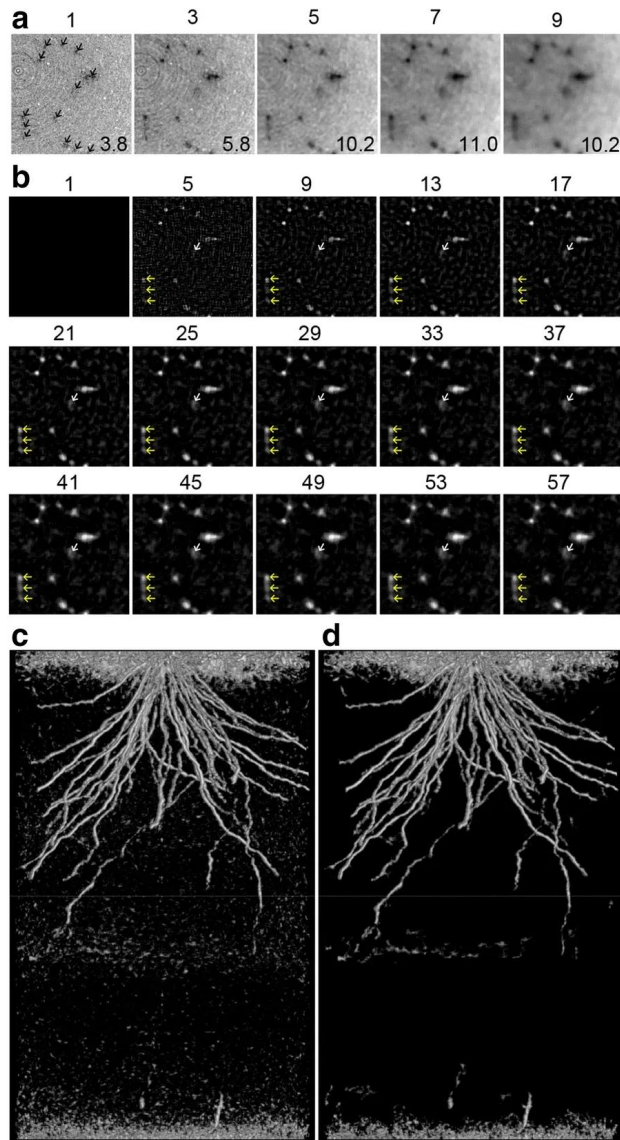
显微 CT 技术可以深入研究植物根系结构、生长状态和吸收养分的情况。通过高分辨率的三维图像，科研人员可以观察到根系的分支、长度和形态，从而更好地理解植物在不同环境条件下的生长状况，为优化农业生产提供科学依据。

复纳科学仪器 (上海) 有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5, 705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com



利用显微 CT 技术实现水稻根系结构的高通量三维可视化：(a) X 射线 CT 容积按比例放大的水平切片，使用核大小为 1、3、5、7 和 9 的三维中值滤波器进行过滤，图像上方的数字表示核大小，图像上的数字表示对比度与噪声比。最左侧图像中的箭头表示具有代表性的根碎片；(b) 模糊滤波器核大小对边缘检测的影响。图像上方的数字表示内核大小，箭头表示有代表性的树根片段，使用内核大小 5 时，白色箭头表示的树根几乎不可见，而使用大内核大小（如 57）时，黄色箭头表示的树根会粘连在一起；(c) 图像处理后 CT 容积的水平投影，未进行阈值处理或尺寸开放；(d) 图像处理后 CT 容积的水平投影，进行了阈值处理和尺寸开放。图片源于文献^[1]。

3.作物育种

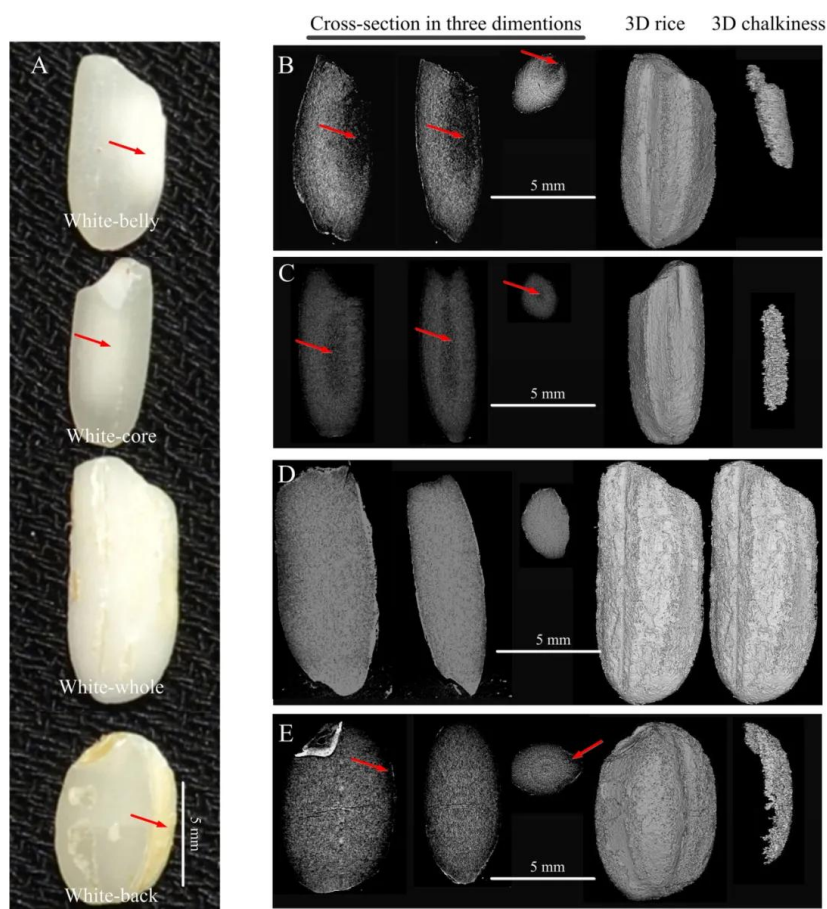
复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5, 705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

显微 CT 技术可以无损地获取作物种子或组织的高分辨三维图像，使研究人员可以详细地分析作物内部结构和表型特征。它为作物遗传改良、功能基因研究、品质评价以及抗性机制研究提供了一种新的研究手段。随着技术的发展和应用的深入，显微 CT 技术有望在作物育种中发挥更加重要的作用。



使用显微 CT 研究稻米垩白的形状和位置 (a)。白腹 (X220)、白核 (X226)、白全 (香早仙) 和白背 (X191) 垩白精米；分别具有白腹 (b)、白核 (c)、白全 (d) 和白背 (e) 垩白的精米的横截面图像、重建的 3D 稻米图像和重建的 3D 垩白图像。红色箭头所示的深色区域代表稻米垩白的位置。图片源于文献 [4]。



糙米

糙米是稻谷脱壳后不加工或较少加工得到的，由米糠、胚芽和胚乳三大部分组成。与精白米相比，糙米较高度地实现了稻谷的全营养保留。其米糠层富含膳食纤维，约占营养成分的 5%。糙米比较难煮熟，口感相对较差，较难消化。



精白米

精白米就是我们平时吃的大米，去掉胚芽，但保留胚乳的部分。精白米富含淀粉，只占据营养成分的 5%，相对易熟，口感较好。

4.病虫害防治

显微 CT 技术可以帮助研究人员在不破坏样品的情况下，观察植物内部的病虫害情况，如昆虫在植物体内的取食痕迹、病原菌的侵染路径等。

这有助于开发更有效的病虫害防治策略和方法。



总体而言，显微 CT 技术在农业领域的应用为农业科研和生产提供了全新的手段，通过对微观结构的高精度观测，为优化农业生产、改善土壤

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5，705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

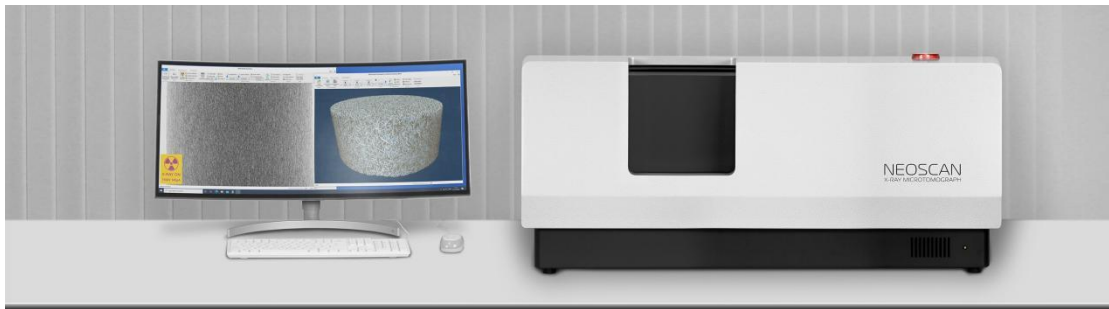
管理和提高农产品质量提供了重要的数据支持。未来随着技术的不断进步，显微 CT 技术在农业领域的应用前景将更加广阔。

三、关于 Neoscan 台式显微 CT

NEOSCAN

X-RAY MICROTOMOGRAPHY

NEOSCAN 是一家专注于设计和生产显微 CT 仪器的公司，由 Alexander Sasov 创立于比利时。目前 NEOSCAN 推出三款显微 CT 产品：N60、N70、N80，可在不破坏样品的同时，得到样品的结构信息（空腔孔隙）、密度信息（组分差异），同时可以输出三维模型，进行仿真分析。



N80 高分辨台式显微 CT

了解更多 NEOSCAN 台式显微 CT 产品详情与应用案例，欢迎扫描下方二维码填写信息。

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5, 705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com



咨询热线：400 857 8882

参考文献

【1】Shota Teramoto. et al. High-throughput three-dimensional visualization of root system architecture of rice using X-ray computed tomography . Plant Methods. 16, Article number: 66 (2020).

【2】Laura Gargiulo. et al. Micro-CT imaging of tomato seeds: Predictive potential of 3D morphometry on germination. Biosystems Engineering 200, 112 – 122 (2020).

【3】Ghosh Tridiv, Maity Pragati Pramanik, Rabbi Sheikh M. F., Das T. K., Bhattacharyya Ranjan.(2023).Application of X-ray computed tomography in soil and plant -a review. Frontiers in Environmental Science

【4】3D Visualization and Volume-Based Quantification of Rice Chalkiness In Vivo by Using High Resolution Micro-CT. Rice 13, 69 (2020).

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号
虹桥丽宝广场 T5, 705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com