

生物学教学

Biology Teaching

ISSN 1004-7549, CN 31-1009/G4

《生物学教学》网络首发论文

题目：热成像技术在生物学教学中的应用
作者：龙仲英，解凯彬，凌一洲
网络首发日期：2021-04-07
引用格式：龙仲英，解凯彬，凌一洲. 热成像技术在生物学教学中的应用. 生物学教学.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1009.g4.20210407.0925.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

热成像技术在生物学教学中的应用

龙仲英 解凯彬 凌一洲*

(南京师范大学教师教育学院 江苏 210097)

摘 要 红外热成像仪可把物体发出的不可见红外能量转化为可见的热图像，本文借助在人体、植物和动物方面的应用案例，体现热成像具有适用生物体表面测温、呈现温度分布、实时测量等的独特优势。可见热成像技术在生物学教学中具有较大的应用潜力。

关键词 热成像技术 温度分布 生物学教学

红外热成像仪（简称：热像仪）是一种高效的测温工具，可以把物体发出的不可见红外能量转化为可见的热图像，用不同颜色来直观地表示不同的温度。近年来，热像仪的成本已经显著地降低，这使其应用于中学基础教育中已经成为可能。已有的文献探讨了热成像在物理、化学教育中的应用^[1]，但国内鲜见将其应用于中学生物学教学中的文献报道。本文阐述用热成像拍摄生物学中一些无法用肉眼观察，且不利于用平时仪器测量的热量变化，以探讨热成像技术在生物学教学中的独特优势和应用潜力。

1 红外热成像技术的概述

红外热成像技术是利用带有光敏感元件的红外探测器以及光学物镜，把肉眼无法观测到的红外线辐射转变为可视化的热图像的技术^[1]。由于其可远距离观测、范围分布广等优势，在军事领域、建筑设施安全检查、中医药全身检测、农作物的病害预警、夜间行车辅助系统等方面都有广泛应用。当前，在新冠肺炎疫情中，热成像技术还被应用于红外体温筛选仪，实现了远距离无接触实时测温，降低了交叉感染的风险。

本文阐述的 Flir One 热像仪，体积 $67 \times 34 \times 14$ mm，质量 35 g，测温范围 $-20^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，热分辨率 80×60 ，热灵敏度 150 mK，需要连接在手机上使用。综合而言，这是一款小巧、轻便、廉价，功能和精度相对基础的热像仪。如果选用更高级型号的热像仪，不仅具有更高的精度和热分辨率，还能实现选定区域内平均温度的测量等更多实用功能。

2 热成像技术应用案例与独特优势

2.1 在拍摄人体方面的应用 本案例旨在直观地呈现人体发炎部位的局部发热。熬夜后，人体抵抗力下降，加之口腔内的细菌滋生，容易导致牙龈发炎。图 1 展示了一位此类患者的口腔图像，图 1 中（a）和（b）分别为同一部位的可见光图和热图像。热图像中体现了丰富的信息。一方面，牙龈的疼痛肿胀处的温度明显升高（呈现出显眼的红色），这表明当人体被

病原体感染时，会做出对抗性的体温调节，使体温升高。另一方面，牙龈未发炎部位的温度（呈现绿色）明显低于发炎部位的温度，这证明了牙龈发炎不会引起全身的发热，只会引起局部升温——这也与患者描述的实际感受相符^[2]。

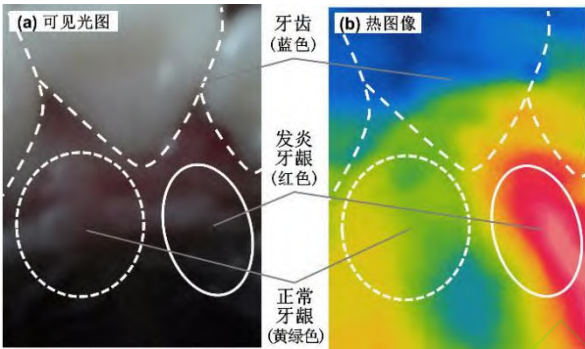


图1 牙龈发炎患者口腔的可见光图和热图像

本案例体现了热成像的独特优势：①平时的温度计和温度传感器是采用接触式测量的方法，需要确保其液泡（或探头）被完全包裹在被测物体中。虽然可以测量腋下、肛门等部位的温度。但在实际操作中难以测量皮肤表面、牙龈表面等的温度。热成像具有非接触式测量的独特优势，在测量人体表面的温度时几乎不受限制；②平时的温度计需要待示数稳定后才能读数，这就要求被测物体的温度需要相对恒定。但是，生物体具有调节作用，其体温可能在不断地变化中，未必能满足平时温度计的测量要求。相比之下，热像仪可以实时地测量生物体的温度，测量更加快捷和准确。

2.2 在拍摄植物方面的应用 学生通常会以为，植物的温度是均匀且恒定的。本案例旨在纠正学生的前概念，帮助学生发现雏菊的不均匀“体温”。把雏菊放入 40℃烘箱中模拟夏季高温环境，5 min 后用热成像拍照（图 2）。热图像显示，雏菊花瓣和花蕊温度较高（18.3℃，呈现红色），但叶片的温度明显更低（11.3℃，呈现黄绿色）。可能的原因是植物叶片具有蒸腾作用，可以通过水分的蒸发给自己降温，而花瓣和花蕊则没有蒸腾作用，故温度升高更快。

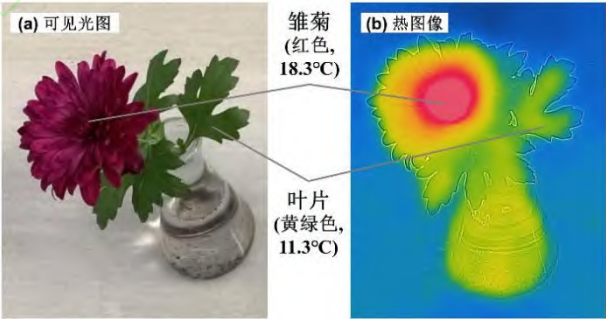


图2 雏菊叶片和花的可见光图和热图像

本案例不仅体现了热成像具有实时测量生物体表面的温度的优点，还能体现其直观呈现温度分布的独特优势^[1]。平时的温度计每次只能测量一个点的温度，既不利于直观发现区域内温度最高和最低的部分，也不便于比较各个部位之间的温度。而用热成像拍摄植物叶片的温

度分布后，在同一张图内从高到低的温度，直观清晰、对比强烈，且有助于实验者收集更多的实验信息。

2.3 在拍摄动物方面的应用 本案例是帮助学生在直观地发现动物患病后（炎症和肿瘤）体温会发生什么变化。以一只健康猫和一只患病流浪猫（面部发炎且左耳内长有一颗肿瘤）为研究对象，用热成像拍摄其面部（图 3）。比较两张热图像可知，健康猫的面部除眼、口外，其他地方的温度都较低（呈现黄色）；而患病猫的整个面部均在发热（呈现红色）。这是因为炎症也会导致猫的体温升高，其原理与人体是相近的。进一步看，图 3（b）还显示了患病猫面部左侧和右侧的温度分布是不对称的。猫受到左耳内的肿瘤影响，其左侧颧骨处的温度（ 39.0°C ，呈现红白色），明显高于右侧颧骨处（ 37.4°C ，呈现红色）。

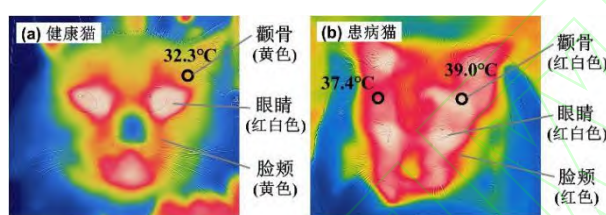


图3 健康猫与患病猫的热图像

本案例也证明了热成像具有平时的温度计难以实现的功能。尽管肿瘤藏于耳朵内部，不易被肉眼察觉或用温度计发现。但是，用热成像就能精准、直接地找到其病变的可能部位，直观地实现快速初筛甚至确证^[3]。此外，在用温度计肛门测温法测量动物体温时，如果动物不配合，则可能对其造成两次伤害。相比之下，热成像的测温非常便利和安全，不会对动物本身造成任何的不适。

3 在生物学教学中的价值

应用热成像的最终目的是促进学生的发展。因此，应充分发挥技术的教学价值：①把热成像作为联系理论与生活实际的桥梁，用其拍摄随处可见的生物体热现象，引发师生对人体免疫机制、植物蒸腾作用等生物学概念的进一步讨论；②把热成像作为获得更丰富实验数据的方法，用其获得温度计无法测得的关键信息，使原本难以实现的实验探究目标得以实现；③把热成像作为降低学生认知负荷的工具，利用热图像的直观性，让学生一目了然地理解生物学现象的内涵，并留下深刻的印象。

在生物学教学的实践中，热成像可以与教材知识紧密地结合，实现互补和拓展。例如：①在人教版初中《生物学》七年级（下）“人体内物质的运输”一节中，白细胞与病菌对抗的“战场”表现出红肿疼痛等症状，教师可以配合呈现牙龈发炎部位的热图像，让学生直观感受炎症的外部表征，能帮助学生理解和掌握白细胞的作用；还可联系生活实际，在医院做血常规检测时，如果白细胞数目大于正常值，就说明身体可能有了炎症，表现为体温升高、发烧发热；②在“酸雨对植物的影响”一节的探究实验中，为测试不同植物对抗酸雨的能力，

学生可以用热成像仪拍摄酸雨侵蚀前后的植物，根据温度图谱比较植物组织是否被破坏以及被破坏的程度；③在“动物疾病检测与预防”一节的探究实验中，可以去动物园或野外，用热成像仪实地拍摄动物的热图像，以比较健康动物和患病动物的区别，并探究患病动物的病灶。同时，也能教育学生在家养宠物要定期驱虫，尤其是受伤部位更要预防感染。

4 结束语

值得注意的是，教师应根据实际需要选择合适的测温工具，而不是机械地把热像仪应用于所有测温场合。在某些仅需简单测量的情况中，平时的温度计甚至直接用手触摸就完全能实现测温要求。此时，如果再使用热像仪，非但无法发挥其优势，反而会分散学生的注意力。

虽然，目前热像仪的价格仍然相对较高，但其寿命较长、维护成本较低。如果学校采购后可以供不同学科的教师共用，且拍摄的热图像是一种电子资源，可以永久保存和无限共享。

(*通信作者, skyi599@126.com, 17721511259)

主要参考文献

- [1]凌一洲, 李 鹭, 王 谦, 等. 红外热成像技术在化学实验中的应用[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(17):81-85.
- [2]步 宏, 李一雷. 病理学(第9版)[M]. 北京:人民卫生出版社, 2018.
- [3]裴 燕, 王 冉, 魏瑞成, 等. 红外热成像系统在动物健康中的应用[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5):274-277.