

# 基于成像高光谱技术的作物病害分析报告

## 一、测试原理及方法：

高光谱成像技术是近二十年来发展起来的基于非常多窄波段的影像数据技术，其最突出的应用是遥感探测领域，并在越来越多的民用领域有着更大的应用前景。它集中了光学、光电子学、电子学、信息处理、计算机科学等领域的先进技术，是传统的二维成像技术和光谱技术有机的结合在一起的一门新兴技术。

高光谱成像技术的定义是在多光谱成像的基础上，在从紫外到近红外（200-2500nm）的光谱范围内，利用成像光谱仪，在光谱覆盖范围内的数十或数百条光谱波段对目标物体连续成像。在获得物体空间特征成像的同时，也获得了被测物体的光谱信息。



目标物体-成像物镜-入射狭缝-准直透镜-PGP-聚焦透镜-CCD 棱镜-光栅-棱镜：PGP

图 1 成像原理图

光谱仪的光谱分辨率由狭缝的宽度和光学光谱仪产生的线性色散确定。最小光谱分辨率是由光学系统的成像性能确定的（点扩展大小）。

成像过程为：每次成一条线上的像后（X 方向），在检测系统输送带前进的过程中，排列的探测器扫出一条带状轨迹从而完成纵向扫描（Y 方向）。综合纵横扫描信息就可以得到样品的三维高光谱图像数据。

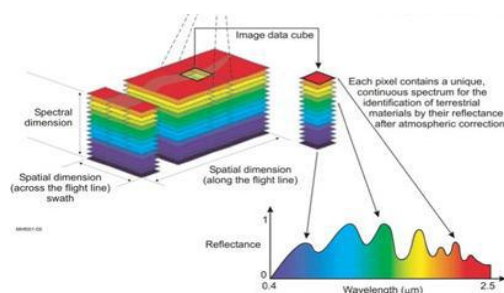


图 2 像立方体



**图 3 Gaia Field 高光谱成像仪**

高光谱仪配置：镜头：22mm 镀膜消色差镜头；光谱范围：400nm-1000nm，光谱分辨率：4nm@435.8nm(@400-1000nm)，像面尺寸(光谱 x 空间)：6.15 x 14.2 mm，相对孔径：F/2.4，狭缝长度 14.2 mm. 内置控制、扫描机构；内置电池；

SpecView 软件：控制完成自动曝光、自动对焦、自动扫描速度匹配；数据处理：黑白、辐射度、均匀性、镜头等校准；光谱查看。

GaiaField 便携式高光谱系统是双利合谱自行研制的超便携式高光谱成像仪器。它的核心由三部分构成，分别是：多维运动控制器，光谱相机和成像光谱仪。使用此系统进行扫描，在获得目标影像信息的基础上，还可以获得数百甚至上千波段的光谱信息。

GaiaField 系统有着轻便灵活，续航能力出色的特点。广泛适用于，目标识别、伪装与反伪装等军事领域，地面物体与水体遥测、现代精细农业等生态环境监测领域，以及刑侦、文物保护、生物医学等领域。

覆盖可见光与近红外全波段可提供超过 700 个光谱通道，可自由选择 GaiaField 便携式高光谱系统采用了高分辨率的成像光谱仪。在可见光波段，光谱分辨率高达 3nm，即使在短波红外波段也能达到 10nm。因而全波段内可以获得超过 700 个的光谱通道，更多的光谱通道意味着更多的信息，有助于研究人员通过对连续光谱的分析、反演，获得更多的高价值数据细节。

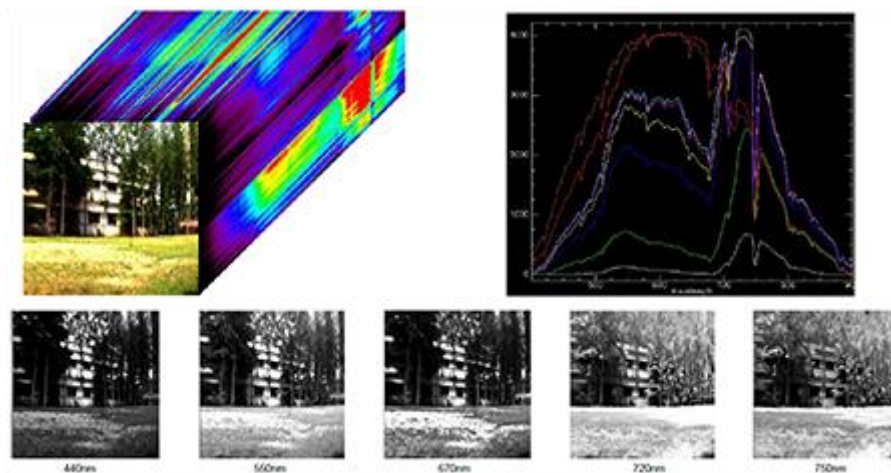


图 4 高光谱成像仪采集的影像效果图

### 独有的软硬件功能：

#### 辅助摄像头功能

通过辅助摄像头观察目标拍摄区域

当前狭缝位置指示

选择自动曝光与自动调焦区域，直观方便，仅需鼠标即可完成操作。



图 5 辅助摄像头观察目标拍摄区域

### 自动扫描速度匹配、自动曝光：

自动曝光：根据当前光照环境，进行曝光测试，获得精准的曝光时间。在得到最佳信噪比的同时，又可避免过度曝光造成数据作废。同时软件具有实时过度曝光监视功能。

自动扫描速度匹配：根据当前的曝光时间等参数，进行测试拍摄，得到实时帧速，进而计算出合适的扫描速度。从而避免了扫描图像的变形（拉伸或压缩）。



图 6 采集数据自动曝光、速度匹配

## 二、数据分析：

本文以贵州学院提供的作物叶片为研究对象，利用四川双利合谱科技有限公司的高光谱成像仪 Gaia Field（光谱范围 400 nm - 1000 nm）采集测试对象的高光谱数据，以分析作物叶片的病害情况。

对成像高光谱仪拍摄的原始影像数据进行数据的预处理，预处理过程主要包括两部分。第一部分是辐射定标；第二部分为噪声去除。

首先进行辐射定标。辐射定标的计算公式如 1 所示。

$$\text{Ref}_{\text{target}} = \frac{\text{DN}_{\text{target}} - \text{DN}_{\text{dark}}}{\text{DN}_{\text{panel}} - \text{DN}_{\text{dark}}} \times \text{Ref}_{\text{panel}} \quad (1)$$

其中， $\text{Ref}_{\text{target}}$  为目标物的反射率， $\text{Ref}_{\text{panel}}$  为标准参考板的反射率， $\text{DN}_{\text{target}}$  为原始影像中目标物的数值， $\text{DN}_{\text{panel}}$  为原始影像中标准参考板的数值， $\text{DN}_{\text{dark}}$  为成像光谱仪系统误差。

其次是噪声去除，本文运用国外较为常用的最小噪声分离方法(Minimum Noise Fraction Rotation, MNF)进行噪声去除。最小噪声分离工具用于判定图像数据内在的维数（即波段数），分离数据中的噪声，减少随后处理中的计算需求量。MNF 本质上是两次层叠的主成分变换。第一次变换（基于估计的噪声协方差矩阵）用于分离和重新调节数据中的噪声，这步操作使变换后的噪声数据只有最小的方差且没有波段间的相关。第二步是对噪声白化数据（Noise-whitened）的标准主成分变换。为了进一步进行波谱处理，通过检查最终特征值和相关图像来判定数据的内在维数。数据空间可被分为两部分：一部分与较大特征值和相对应的特征图像相关，其余部分与近似相同的特征值以及噪声占主导地位的图像相关。由于此次采集的高光谱影像没有白板校正，因此数据预处理的第一步辐射定

标没有进行分析处理，直接作 MNF 降噪分析。图 7 为 MNF 降噪前后的成像高光谱数据中 DN 值的变化。

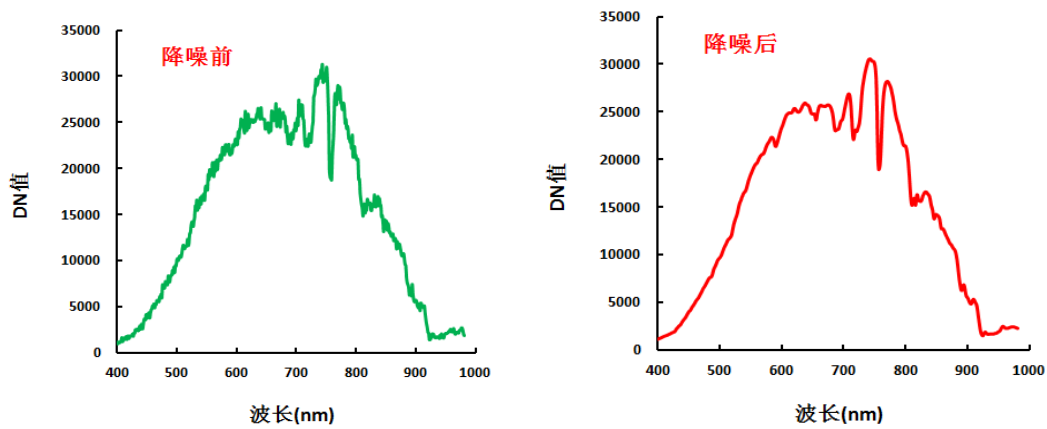


图 7 MNF 变换前(左)后(右)高光谱影像 DN 值的变化

下图分别为作物绿叶、黄叶、病害叶的光谱反射率值（因本次测试无白板数据，故以背景值作为参考板计算种子的光谱反射率）。从图 8 可知，绿色叶片在绿光区域有明显的反射峰，在红光区域有明显的吸收谷，在可见光波段与近红外波段之间，即大约 0.73um 附近，反射率急剧上升，形成“红边”现象，“绿峰”、“红谷”、“红边”均是绿色植物曲线的最为明显的三个特征；但黄叶、病害叶均没有绿色植物该有的这三个特征。

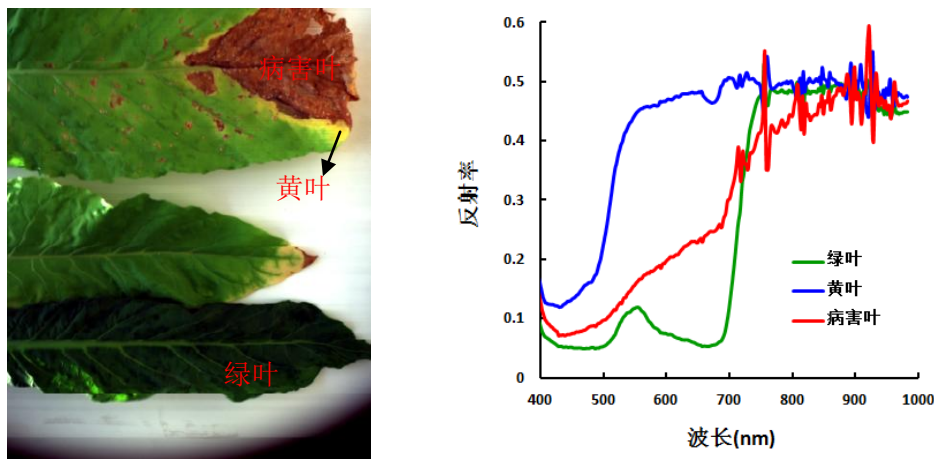


图 8 绿叶、黄叶、病害叶的光谱反射率值

利用 SpecView 软件的 Analysis-Animate 功能，能快速浏览高光谱影像各波段的灰度信息变化，本研究通过快速浏览病害叶的高光谱影像的各波段灰度信息变化可知，作物叶子的病害位置在红光区域能较为清楚的分辨出来，这与目前国内外的研究结果相同。图 9 为病害作物叶片在 680 nm 处的灰度图像，从图像可知，



与正常绿叶叶片相比，叶片受病害区域表现较亮一些；这是因为绿叶在红光区域有吸收谷，反射率值较低，而受病害叶片在红光区域无吸收谷，反射率值相对较高，故图像灰度值表现较亮一些。

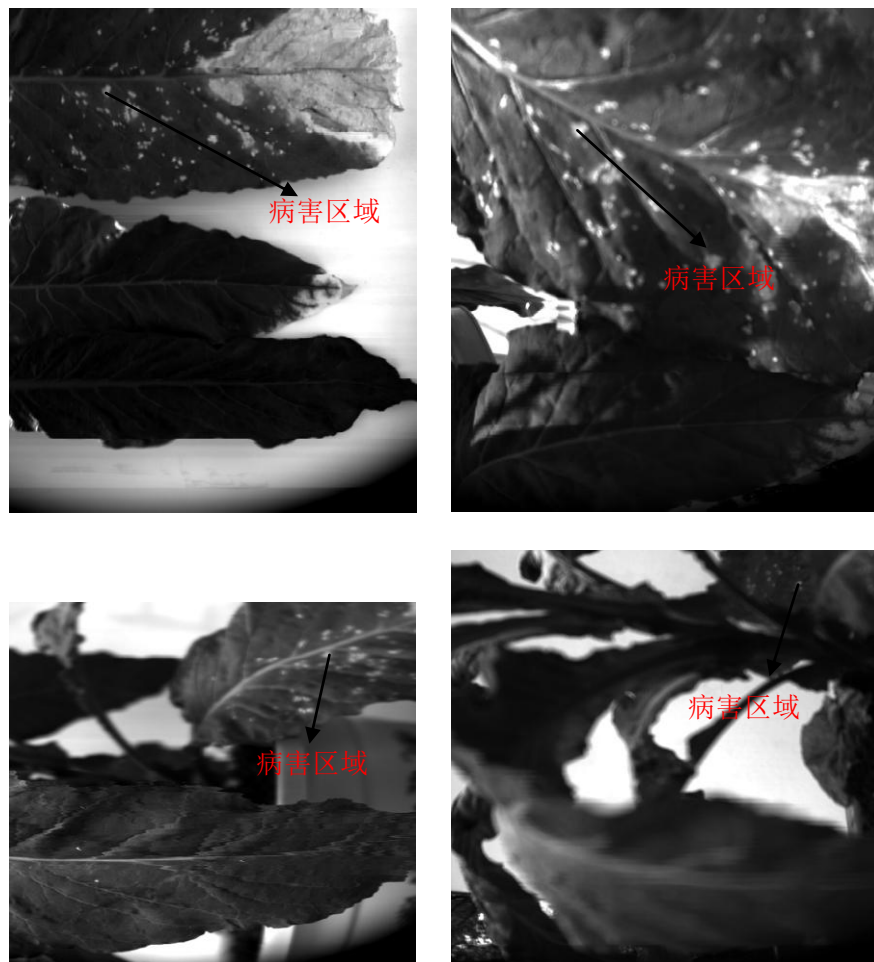


图9 正常绿叶与病害叶在 680 nm 处的灰度图像

植被指数主要反映植被在可见光、近红外波段反射与土壤背景之间差异的指标，各个植被指数在一定条件下能用来定量说明植被的生长状况。NDVI 能反映出植物冠层的背景影响，如土壤、潮湿地面、雪、枯叶、粗超度等，且与植被覆盖有关。其被定义为两个通道反射率之差除以它们的和。在植被处于中、低覆盖度时，NDVI 随覆盖度的增加而迅速增大，当达到一定覆盖度后增长缓慢，所以适用于植被早、中期生长阶段的动态监测。图 10 分别为绿叶与病害叶的 NDVI 图，其中用到的近红外波段是 800 nm，红光波段是 680 nm。从图 10 可知，在 NDVI 图像中，绿叶的灰度值高于病害叶片，相对于单波段图像而言，NDVI 图像更容易分辨出病害叶片的位置。通常来说，绿叶的 NDVI 值为 0.2-0.8 之间。

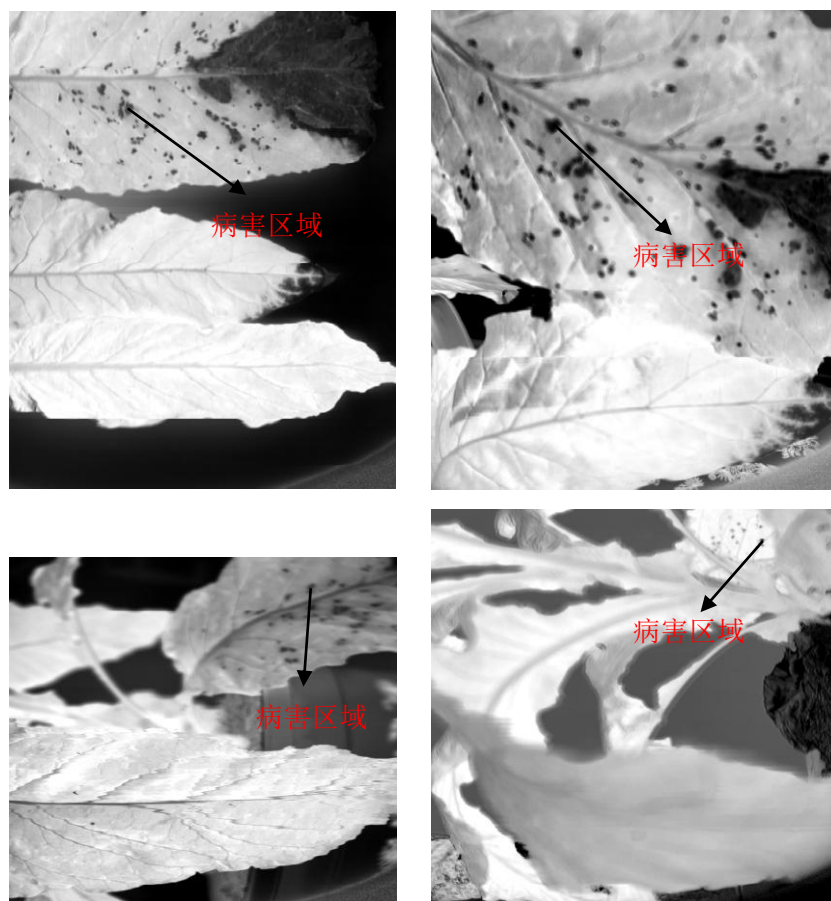


图 10 正常绿叶与病害叶的 NDVI 的图像

在科研研究中，我们需要去除作物叶片的背景信息，即提取作物叶片，常用的提取方法有面向对象分割、监督分类（马氏距离法、最大似然法、光谱匹配法、神经网络法、支持向量机等）、非监督分类（K-Means、ISODATA）、决策树、数学形态学分割等算法。本研究运用数学形态学分割算法提取作物叶片。

数学形态学(Mathematical Morphology)诞生于 1964 年，最初它只是分析几何形状和结构的数学方法，是建立在数学基础上用集合论方法定量描述几何结构的科学。数学形态学的应用可以简化图像数据，保持它们基本的形状特性，并除去不相干的结构。在对图像的分析研究过程中，为了辨别和分析目标，人们往往仅对各幅图像中的某些部分感兴趣，需要将这些有关区域分别提取出来即实现图像的分割，在此基础上才有可能对目标进一步利用。数学形态学以图像的形态特征为研究对象，描述图像的基本特征和基本结构，通常形态学图像处理表现为一种邻域运算形式，采用邻域结构元素的方法，在每个像素位置上邻域结构元素与二值图像对应的区域进行特定的逻辑运算，逻辑运算的结果为输出图像的相应像

素。图 11 为作物叶片提取前后的高光谱影像 RGB 合成图像。从图 11 可知，运用数学形态学分割的方法在没有去除病害叶区域的情况下能较好地获取纯作物的叶片。

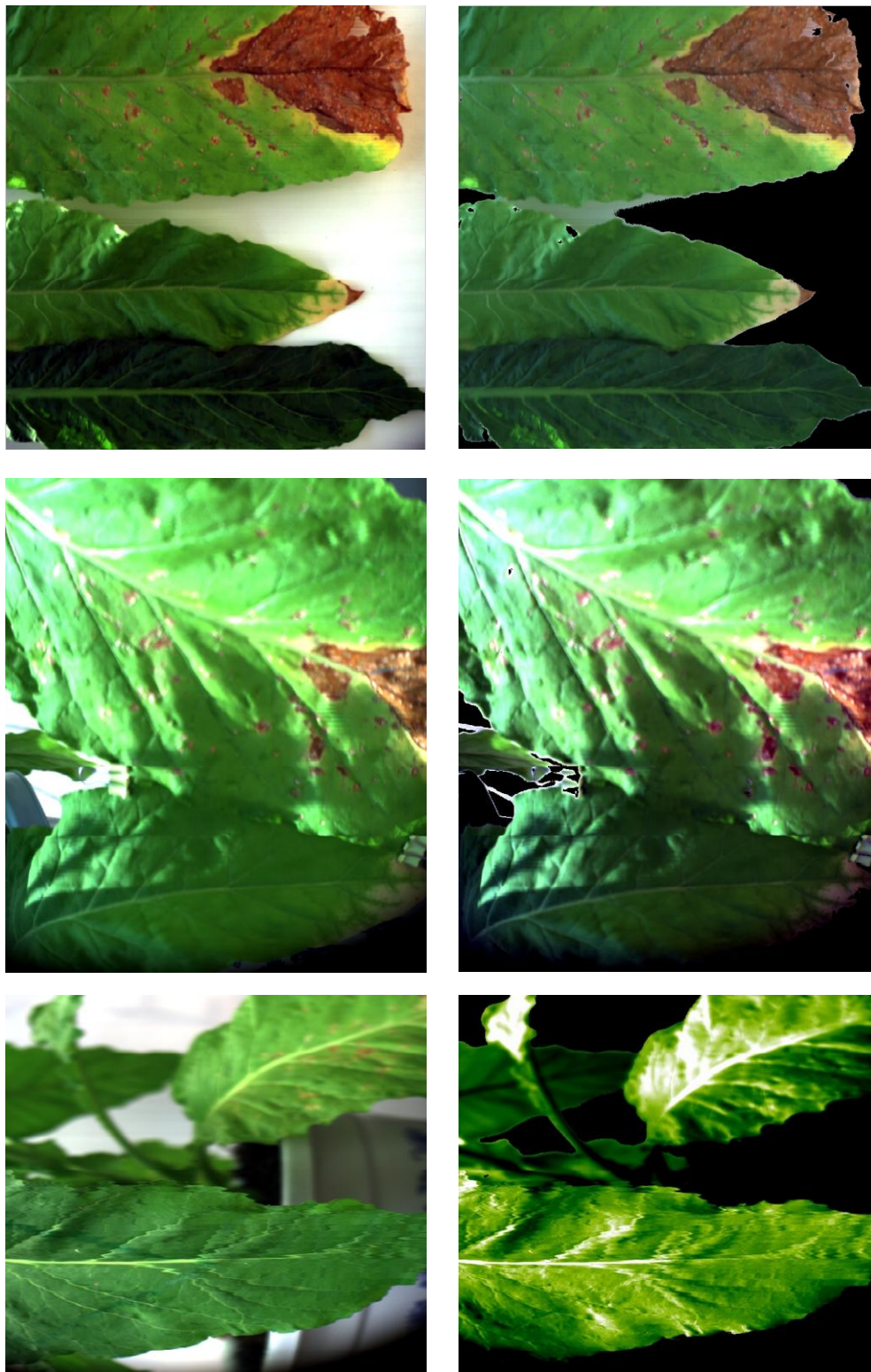






图 11 作物叶片提取前后的图像（含叶片病害区域）

在科学研究中，作物的营养（如氮素、叶绿素、蛋白质、糖等）监测，通常是针对绿叶信息而言。由于受病虫害等影响，叶片变黄或枯萎的区域，其营养状况发生了较大变化。因此，在分析构建作物营养的监测模型时，应去除叶片的受病害区域。本研究在数学形态学分析的基础上，构建 NDVI 指数，通过 NDVI 指数的阈值分割算法，提取作物叶片的绿叶信息，如图 12 所示。从图 12 可知，利用数学形态学与 NDVI 指数相结合的办法，能较好地去除背景、叶片病害区域，从而获取绿叶部分的信息，为构建作物营养监测模型奠定了基础。





图 12 作物绿叶提取前后的图像（去除叶片病害区域）

科学研究表明，归一化植被指数 NDVI 能较好地反映作物的生长状态及其营养是否缺失等。本研究运用近红外 800 nm 和红光 680 nm 构建归一化植被指数以分析提取的作物绿叶生长状态及营养分布情况，如图 13。从图 13 可知，没有

病害感染的作物绿叶，其 NDVI 较高，说明其生长较好；受病害感染的叶片，其 NDVI 值较低，虽然表面看起来是绿色的，但是其营养已经缺失，随着时间的推移，会变黄，甚至枯萎。

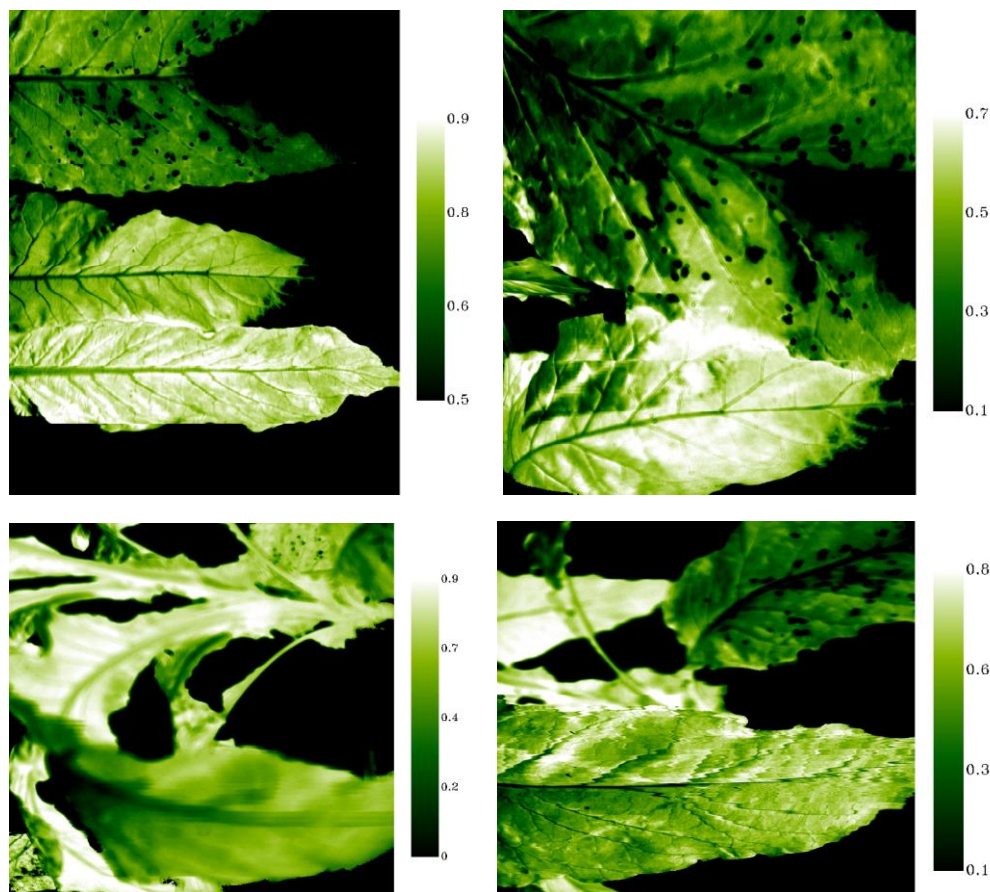


图 13 作物绿叶的 NDVI 分割效果图