

СРАВНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ДОСИМПТОМНОЙ ДЕТЕКЦИИ ФИТОПАТОГЕНОВ В РАСТЕНИЯХ *NICOTIANA BENTHAMIANA*

А. И. Гришина, А. С. Жаворонкова, М. Н. Агеева, А. А. Брилкина, В. А. Воденеев

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия*

Патогены – серьезная проблема при получении сельскохозяйственной продукции. Их воздействие на растения приводит к большим потерям урожая, как качественным, так и количественным.

Цель данной работы – сравнение оптических методов РАМ-флуориметрии, гиперспектрального имиджинга и тепловидения в детекции фитопатогенов различной природы в растениях *Nicotiana benthamiana*.

Исследования проводились на четырёхнедельных растениях *Nicotiana benthamiana*, в которых наблюдали распространение вируса PVX и бактерии *Pseudomonas syringae*. Для отслеживания распространения PVX по растению, в капсид вируса был вшит белок GFP. В качестве методов обнаружения инфекции применяли РАМ-флуориметрию, гиперспектральный имиджинг и RGB фотографии. Данные получали каждый день в одно и то же время в течение 10 дней с помощью IMAGING-RAM M-Series MINI, PlantExplorerPro+, гиперспектральной камеры Specim IQ и тепловизионной камеры Testo 885. В неинокулированном (10 листе) табака, где с течением времени наблюдали развитие вирусной и бактериальной инфекции регистрировали вызванные инфицированием изменения параметров флуоресценции хлорофилла (максимальный квантовый выход фотосистемы II (F_v/F_m), квантовый выход фотосистемы II (YII) и нефотохимического тушения флуоресценции (NPQ)), спектры отражения в здоровых и инфицированных частях листа и нормализованные отражательные индексы (NRI), а так же температуру в здоровых и инфицированных листьях.

Можно выделить следующие основные различия в эффектах патогенов разных типов на показатели флуоресценции хлорофилла. Вирус PVX оказывает слабый эффект на стационарные показатели флуоресценции хлорофилла в течение длительного времени после инфицирования. Бактерия *P. syringae* оказывает выраженный эффект на стационарные показатели, происходит понижение F_v/F_m и $\Phi PSII$, а также повышение NPQ. Для переходного $\Phi PSII$ имеют место выраженные отличия от контроля в случае вирусной инфекции. Инфицирование вирусом вызывает усиление отражательной способности в диапазонах длин волн 510–650 нм и 690–720 нм. Отмеченные различия нарастают с увеличением времени после появления вируса в исследуемом листе. Инфицирование бактерией вызывает усиление отражательной способности в диапазонах длин волн 400–500 нм, 560–660 нм, 680–720 нм. В случае бактериальной инфекции необходимо отметить ослабление сигнала в ИК-диапазоне спектра, усиливающееся с увеличением времени после инфицирования. Максимальные различия между патогенами двух типов имеют место для $NRI_{530-650}$. Сопоставление методов выявило, что РАМ является более чувствительным методом и с его помощью обнаружить инфекцию можно уже на 1-2 день после прихода патогенов в лист.

Работа выполнена в ходе выполнения проекта НЦМУ «Центр фотоники» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, договор № 075-15-2022-293.