

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Дивина Александра Георгиевича

на диссертационную работу Сухановой Марины Владимировны

**«Оптический метод и средство функциональной диагностики
влагообеспеченности растений», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и
приборы контроля и диагностики материалов изделий, веществ и природной
среды (технические науки)**

Актуальность темы диссертационного исследования

В диссертационной работе Суханова М.В. исследует закономерности смешанного и зеркального отраженных излучений от поверхностей листовых пластин растений в зависимости от их влагообеспеченности, принципы и модели формирования зеркальной и диффузной составляющих отраженного потока от растительных тканей, а также методы классификации состояний растительных объектов в зависимости от их влагообеспеченности. Эта работа чрезвычайно актуальна, так как в условиях цифровизации агропромышленного комплекса и развития технологий точного земледелия наблюдается огромный дефицит в точных, надежных и простых сенсорах состояния растений, в том числе их влагообеспеченности.

С научной точки зрения работа актуальна в том, что в ней предложена модернизированная математическая модель распределения составляющих смешанного отраженного инфракрасного излучения от поверхностей растительных объектов, характеризующихся наличием больших микронеровностей, что позволило предложить метод оценки состояния влагообеспеченности растений.

Цель работы заключается в повышении качества диагностики растительных объектов за счет разработки оптического неразрушающего

метода контроля и устройства, обеспечивающих повышение объективности, точности и оперативности проводимой диагностики, способствующих ее автоматизации и интеграции в цифровые информационные технологии

Для реализации заявленной цели автором диссертации были поставлены и решены следующие задачи:

1. Обзор существующих методов и устройств, предназначенных для диагностики функционального состояния растений, а также анализ подходов по выявлению значимых критериев диагностики, позволяющих проводить их инструментальное измерение;

2. Исследование поверхности листьев растительных объектов с целью обоснования ее шероховатой структуры и получение количественной информации о параметрах шероховатой поверхности;

3. Выбор длины волны для функциональной диагностики растений, обеспечивающей максимальное отражение от листовых пластин;

4. Теоретическое исследование принципов формирования зеркальной и диффузных составляющих смешанного отраженного излучения от шероховатой поверхности листьев растений при изменении их влагообеспеченности и обоснование введения диагностического показателя;

5. Разработка математической модели смешанного отраженного излучения от поверхности листьев для анализа динамики изменения зеркальной и диффузной составляющих, устанавливающей взаимосвязь параметров процесса отражения с параметрами шероховатой поверхности с целью прогнозирования изменения соотношения зеркальной и диффузной составляющих, меняющихся в процессе жизненного цикла растений;

6. Обоснование принципов измерения зеркальной составляющей смешанного отраженного излучения оптическими методами и разработка средства функциональной диагностики растений, позволяющего осуществлять регистрацию параметров отраженного излучения с выделением зеркальной и диффузной составляющих;

7. Апробация разработанного устройства в лабораторных и полевых

условиях с целью подтверждения возможности его использования в функциональной диагностике растений для определения их влагообеспеченности;

8. Разработка метода диагностики функционального состояния растений, основанного на измерении интенсивности зеркальной составляющей отраженного излучения от листьев и модели классификации растений в соответствии с их функциональным состоянием, позволяющего определить влагообеспеченность растений и способствующего повышению эффективности агротехнических мероприятий в сельском хозяйстве и увеличению эффективности водопользования в целях обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

Структура, объем и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 162 наименований. Диссертация изложена на 184 страницах машинописного текста, содержит 67 рисунков, 10 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цель, задачи работы, а также научные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения о публикациях и апробации.

В первой главе автор привел обзор научной литературы по теме исследования, который позволил оценить возможные направления и подходы для достижения поставленной цели, выявить особенности их применения и обосновать возможность оценки состояния растения при изменении его влагообеспеченности по изменению оптических характеристик его листьев в ближнем инфракрасном диапазоне, где наблюдается закономерное изменение интенсивности отраженного излучения.

Вторая глава посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию закономерностей отражения излучения на поверхности

растительной ткани и математическому моделированию взаимодействия излучения с листьями. Анализ закономерностей отражения излучения от поверхности листа растения позволил выбрать в качестве критерия оценки функционального состояния растения «интенсивность зеркальной составляющей отраженного излучения от его листьев».

Третья глава посвящена разработке устройства для контроля функционального состояния растительных объектов. Макет микропроцессорного измерительного устройства отличается широким использованием стандартных и общеизвестных комплектующих, что делает его удобным для дальнейшего тиражирования и серийного производства. Следует отметить, что метод оценки функционального состояния растений, положенный в основу принципа действия прибора защищен патентом РФ №2719788.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритмического обеспечения метода оценки состояния растений, а также определению модели классификации растительных тканей на категории влагообеспеченности с применением метода линейного дискриминантного анализа и установление возможности применения разработанного метода в полевых условиях. Оценка качества работы предложенного классификатора и его точности была проведена с использованием стандартных метрик. Точность (Accuracy) разработанного метода составила 0,96, а F1-мера почти 0,97.

В заключении представлены результаты диссертационной работы, подтверждающие полное выполнение поставленных задач.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Использование в качестве интегрального критерия оценки функционального состояния растительных объектов зеркальной составляющей смешанного инфракрасного излучения на длине волны 860 нм, отраженного от шероховатой поверхности листьев растений.

Установлено, что присутствие зеркальной составляющей (порядка 5-30%) свидетельствует о том, что растение находится в состоянии, которое не требует внешнего вмешательства со стороны человека; снижение или отсутствие зеркальной составляющей в отраженном излучении говорит об угнетении состояния растительных объектов и требует проведения мероприятий по уходу за ними;

2. Математическая модель формирования зеркальной и диффузной составляющих смешанного отраженного инфракрасного излучения от поверхностей, характеризующихся наличием больших микронеровностей (более 1 мкм), *базирующаяся* на модели Дэвиса и *отличающаяся* уточнением коэффициента зеркальности и введением коэффициента диффузности, позволившими оценить динамику изменения каждой составляющей отраженного излучения и выделить группу параметров, определяющих этот процесс на поверхностях растительных объектов;

3. Метод контроля функционального состояния растений, *базирующийся* на количественной оценке составляющих отраженного инфракрасного излучения от поверхности листьев, *обеспечивающий* возможность осуществления неразрушающего контроля влагообеспеченности растений в режиме реального времени, как в лабораторных условиях, теплицах, так и в полевых условиях и позволяющий автоматизировать контроль и регулирование функционального состояния растительных объектов и внедрять предложенный подход в информационно-измерительные системы.

Теоретическая и практическая значимости диссертационной работы состоят в том, что:

- что предложен и научно обоснован новый подход по количественной оценке функционального состояния растительных объектов, основанный на введении интегрального критерия, позволяющего осуществить оценку состояния целого растения по состоянию поверхности его листьев;

- разработано портативное устройство контроля функционального состояния растений, работа которого основана на использовании введенного

интегрального критерия, позволяющего объективно в режиме реального времени оценивать состояние растительных объектов непосредственно в месте их произрастания и оптимизировать процесс выращивания, а также способствующее внедрению водосберегающих технологий;

- разработана методика оценки функционального состояния растений для определения их влагообеспеченности, основанная на неразрушающих методах контроля и не влияющая на дальнейшую жизнь растений, а также ориентированная на возможность передачи зафиксированных результатов по беспроводному каналу связи в рамках информационно-измерительной системы автоматизированного контроля и управления поливом;

- проведена апробация разработанного метода и устройства в полевых условиях фермерского хозяйства, подтвердившая эффективность их применения для реализации мониторинга функционального состояния растений.

Достоверность и новизна основных положений, выводов, результатов диссертации подтверждается тем, что результаты работы не противоречат основным физическим принципам, для получения моделей классификации растительных тканей были использованы общеизвестные и проверенные пакеты прикладных программ. Новизна основных положений подтверждается фактом получения патентов на способ и устройство для оценки функционального состояния растений.

Оформление диссертации, публикации, апробация, содержание автореферата

Диссертация написана технически грамотным языком, дополнена необходимым количеством рисунков, таблиц и приложений. Главы диссертации взаимосвязаны между собой.

По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ: 8 статей в рецензируемых журналах, включенных в список ВАК; получено 2 патента на изобретение.

Апробация работы проводилась на различных конференциях с 2020 по 2024 год.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор диссертации не пояснила, что она имеет в виду под термином «интенсивность» зеркальной составляющей отраженного излучения и в каких единицах она измеряется (стр. 8 и далее).

2. В преамбуле научной новизны упоминается качество диагностики растений, однако, непонятно, что имела в виду автор под словом «качество»?

3. На рис. 1.19, 1.20 и др. не указаны единицы измерения интенсивности отраженного излучения.

4. Чем объясняется снижение коэффициента зеркального отражения для поверхности листа Драцена Сандера 2 на рис. 3.15? Почему коэффициент отражения имеет значения, указанные на оси ординат графика (рис. 3.15), больше единицы?

5. Чем объясняется малый объем выборки из 8 объектов, используемой для обучения модели? (стр. 131). Как обеспечивалась представительность выборки?

6. Почему для прогнозирования категории растительной ткани выбрана модель LDA? Может быть, была бы лучше модель на базе логистической регрессии или kNN?

7. Почему для контроля влагообеспеченности растений выбрана длина волны 860 нм? Возможно значение диффузионной составляющей отраженного излучения было бы более информативно на длине волны, соответствующей полосе поглощения воды.

Сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертационной работы Сухановой М.В., наоборот, подчеркивают направления будущих исследований.

Заключение

Диссертационная работа Сухановой Марины Владимировны «Оптический метод и средство функциональной диагностики влагообеспеченности растений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов изделий, веществ и природной среды (технические науки) соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013г. Соискателю Сухановой Марине Владимировне следует присудить ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Мехатроника и технологические измерения» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук по научной специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», профессор

А. Г. Дивин 21.01.2025

А. Г. Дивин

Адрес: 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, д.106/5, пом. 2

Телефон: 8-910-650-84-61

Адрес электронной почты: agdv@yandex.ru

