UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2024/2025

GRADO: Grado en Biotecnología

CÓDIGO DEL TFG: 251-045-2024/2025

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Seguimiento y detección precoz de la infección causada por B. cinerea en plantas de interés agronómico mediante sensores de imagen

Descripción general (resumen y metodología):

Resumen:

La agricultura se enfrenta hoy en día a grandes retos, como como aquellos derivados del cambio climático, que amenazan la producción sostenible de alimentos (medioambiental y económicamente) para una población mundial creciente. Además, las plagas, las enfermedades vegetales y las especies invasoras constituyen son obstáculos añadidos, sobre todo en un marco legal en el que el uso de fitosanitarios está siendo limitado gradualmente. Por tanto, en los últimos tiempos se está imponiendo una agricultura de precisión que identifique los "puntos calientes" de estrés vegetal para así mejorar la eficiencia en el uso de recursos y el ajuste de los tratamientos fitosanitarios, mejorando así la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola (1).

Botrytis cinerea o moho gris es un hongo que causa graves pérdidas en multitud de cultivos en todo el mundo, incluidos importantes hortícolas y frutales como el tomate, las cucurbitáceas y las bayas. B. cinerea causa una gama muy amplia de síntomas; sin embargo, las podredumbres blandas son quizás los síntomas más típicos en hojas y frutos blandos (2). Es un hongo recalcitrante difícil de eliminar en el campo y en almacenes y su curso corto de infección hace que se propague rápidamente. Además, es bien conocida su capacidad para adaptarse rápidamente a los fungicidas (3). Por ello, la detección precoz de la infección por B. cinerea en cultivos y frutos de interés económico sería de gran importancia para la agricultura española.

Los patógenos inducen alteraciones en el metabolismo de la planta, en la apertura estomática, en la estructura de la hoja/fruto y en el contenido de agua. Dichos cambios pueden detectarse, incluso en ausencia de síntomas, mediante técnicas de imagen no invasivas (4). En los últimos años, los sensores de imagen se han implementado en la agricultura de precisión para identificar con mayor exactitud las áreas problemáticas y seguir su evolución (5). Los sensores ópticos proporcionan información espacial y temporal útil para estudiar las respuestas de las plantas a los patógenos y para identificar focos primarios de enfermedades y áreas con diferente severidad de la enfermedad (6). Además, la combinación de varios dispositivos de imagen es un buen enfoque para monitorizar el efecto del estrés en la fisiología del vegetal (7). Sin embargo, las técnicas de imagen también tienen la desventaja de producir una vasta y compleja cantidad de información que debe manejarse adecuadamente. El aprendizaje automático (machine learning), un subconjunto de la inteligencia artificial (IA), ha demostrado un gran potencial para ayudar a la industria agrícola debido a la potente capacidad de sus algoritmos de clasificación para aprender características a partir de conjuntos de datos masivos y realizar predicciones sobre nuevas muestras (8), ayudando así en los procesos de monitorización y toma de decisiones de la gestión de cultivos (1). Nuestro grupo es pionero en la aplicación de este enfoque.

Por tanto, el objetivo planteado en el presente trabajo es el seguimiento y la detección precoz de tejidos infectados por B. cinerea en plantas (y/o frutos) de interés agronómico. Para ello, utilizaremos una combinación de técnicas de imagen única en nuestro país: fluorescencia roja de la clorofila (Chl-FI), fluorescencia multicolor (MCFI), termografía y reflectancia hiperespectral.

Metodología: Se infectarán plantas (y/o frutos) de interés agronómico y se realizará un seguimiento de la evolución de la infección aplicando una combinación única de sensores de imagen. La Chl-FI proporciona información sobre los procesos fotosintéticos que tienen lugar en las plantas, así como

del desprendimiento de calor de la energía no aprovechada durante la fotosíntesis (9). La MCFI suministra información sobre los compuestos fenólicos de defensa de la planta (10), mientras que la termografía mide la temperatura foliar, que es inversamente proporcional a la transpiración de las hojas (7). Por último, la reflectancia hiperespectral registra los espectros de emisión de luz de las hojas, lo que permite el cálculo de índices de vegetación que aportan una gran cantidad de información sobre el vigor y la salud de los vegetales. Finalmente, si se dispone de datos suficientes al final del periodo experimental, los datos extraídos de las imágenes se implementarán en algoritmos clasificatorios y se evaluará la capacidad de los mismos para diferenciar entre plantas sanas e infectadas mediante índices como la sensibilidad, la especificidad o la precisión, entre otros.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

Objetivos y plan de trabajo:

- Cultivo y mantenimiento de Botrytis cinerea in vitro.
- Establecimiento de la infección en plantas y frutos de interés agronómico.
- Seguimiento de la infección en hoja completa mediante sensores de imagen.
- Interpretación fisiológica de los resultados obtenidos.
- Si se recogen suficiente datos, implementación de los mismos en algoritmos clasificatorios provenientes de la IA.
- Detección precoz de plantas infectadas mediante algoritmos: interpretación de los resultados.

Bibliografía básica:

Bibliografía:

1. Barón M, Pineda M. (2022) Agricultura de Precisión e Inteligencia Artificial. Revista de la Sociedad Española de Biología de Plantas. 71: 8-11.
2. Petrasch S, Knapp SJ, van Kan JAL, Blanco-Ulate B. (2019) Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen Botrytis cinerea. Mol Plant Pathol. 20: 877-92.
3. Williamson B, Tudzynski B, Tudzynski P, Van Kan JAL. (2007) Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. Mol Plant Pathol. 8: 561-80.
4. Barón M, Pineda M, Pérez-Bueno ML. (2016) Picturing pathogen infection in plants. Z Naturforsch, C. 71: 355-68.
5. Fiorani F, Rascher U, Jahnke S, Schurr U. (2012) Imaging plants dynamics in heterogenic environments. Curr Opin Biotechnol. 23: 227-35.
6. Mahlein A-K. (2016) Plant disease detection by imaging sensors – Parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. Plant Dis. 100: 241-51.
7. Pineda M, Barón M, Pérez-Bueno M-L. (2021) Thermal imaging for plant stress detection and phenotyping. Remote Sens. 13: 68.
8. Wang D, Cao W, Zhang F, Li Z, Xu S, Wu X. (2022) A review of deep learning in multiscale agricultural sensing. Remote Sens. 14: 559.
9. Pérez-Bueno ML, Pineda M, Barón M. (2019) Phenotyping plant responses to biotic stress by chlorophyll fluorescence imaging. Front Plant Sci. 10: 1135.
10. Buschmann C, Lichtenthaler HK. (1998) Principles and characteristics of multi-colour fluorescence imaging of plants. J Plant Physiol. 152: 297-314.
11. Behmann J, Mahlein A-K, Rumpf T, Römer C, Plümer L. (2015) A review of advanced machine learning methods for the detection of biotic stress in precision crop protection. Precis Agric. 16: 239-60.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante: Se requiere una persona entusiasta con algo de conocimiento de las técnicas aplicadas en este trabajo y con ilusión por aplicarlas. Se recomienda hacer un repaso de la bibliografía básica en técnicas de imagen y algoritmos clasificatorios (1, 4, 7, 9, 11), que se aportará a la persona interesada. Fundamental disponibilidad en horario de mañana.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: AMADA PULIDO REGADERA

Ámbito de conocimiento/Departamento: FISIOLOGÍA VEGETAL

Correo electrónico: amadapulido@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos: Mónica Pineda Dorado

Correo electrónico: mpineda@eez.csic.es

Nombre de la empresa o institución: Estación Experimental del Zaidín (CSIC)

Dirección postal: Calle Profesor Albareda 1 - E-18008 - Granada (ESPAÑA)

Puesto del tutor en la empresa o institución: M3 Biología

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: