

Desarrollo de una herramienta software para el control de un sistema de fenotipado basado en visión artificial

(Recibido: 28/04/2016; Aceptado: 25/05/2016)

Pérez Sanz, F.^{1,2}; Navarro, P.J.²; Weiss, J.¹; Egea-Cortines, M.¹

¹Instituto de Biotecnología Vegetal, Genética Molecular. Edif. I+D+i, Campus Muralla del Mar, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202, Cartagena, Murcia.

²DSIE, Campus Muralla del Mar, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202, Cartagena, Murcia.

Teléfono: 968325705

E-mail: fernando.perez8@um.es

Resumen. Los sistemas basados en visión artificial permiten automatizar el proceso de fenotipado de los sistemas biológicos. Estos sistemas permiten capturar grandes cantidades de datos de forma rápida y con un bajo coste asociado. Hemos desarrollado una herramienta software flexible para el fenotipado basada en visión artificial. La herramienta controla los parámetros del experimento: días de experimento, horas día/noche, permite la utilización de diferentes tipos de cámaras, etc. La herramienta ha sido programada en C++ lo que ha permitido integrar y ejecutar diferentes algoritmos de procesamiento de imagen de librerías como OPENCV y MIL.

Palabras clave: Visión artificial, cronobiología, fenomica, cinética crecimiento

Abstract. Computer vision systems allow to automate the process of obtaining phenotypic features in plants. These systems produce large amounts of data in a quick fashion and with a low associated cost. In this work we present a flexible software tool for phenotyping analysis based on computer vision. The tool allows a total management of the experiment parameters such as experiment time, hours of night-time and daytime periods or use of different cameras with time of image acquisition. The system has been programmed in C++ allowing it to be applied in different computer environments, using different computer vision algorithms to perform image processing.

Keywords: Artificial vision, circadian clock, phenomics, growth kinetics

1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de las técnicas de fenotipado basado en visión artificial, es la obtención de datos fisiológicos, de crecimiento y desarrollo u otras propiedades fenotípicas de la planta a través de un proceso automatizado [1]. La visión artificial es un área de investigación muy activa en el diagnóstico médico, la industria, o la teledetección entre otros [2], y muchas de sus técnicas de procesamiento y análisis de imágenes pueden ser aplicadas al fenotipado de plantas.

En los últimos años, se han desarrollado sistemas de fenotipado [3–5], cuyo factor limitante es el manejo de la cantidad de datos generados [6]. Hemos desarrollado un software con interfaz gráfica que nos permite diseñar y poner en funcionamiento diferentes tipos de experimentos, variando ciclos de iluminación, tiempos de captura o parámetros de la imagen, de manera que podemos realizar periodos variables de grabación sin necesidad de supervisión. Hemos programado una serie de scripts escritos en Visual C++ para automatizar parte del procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de fenotipado basado en visión artificial desarrollado, está constituido por una cámara industrial con dos CCDs (RGB e infrarrojo), sistema de iluminación de dos elementos (LED diurno y LED infrarrojo), PC-Industrial y tarjeta USB GPIO. Este equipo es controlado mediante el software desarrollado con interfaz gráfica de usuario (GUI). El software se ha desarrollado en C/C++. La interfaz gráfica está basada en la librería de C/C++ GTK.

Los parámetros de la cámara a los que se tiene acceso para su configuración y control son: ajuste de la ganancia (Gain Raw), ajuste de los canales RGB, velocidad de obturación y autobalance de blancos. Se puede seleccionar el sensor RGB o IR a utilizar en cada momento y los intervalos de disparo de la cámara. Permite programar día de comienzo y fin de la grabación, el horario de los ciclos de grabación día/noche, desde luz continua, noche continua, o intervalos de día/noche de diferente duración. Finalmente es posible obtener en formato CSV y formato JSON todos los parámetros del sistema. Esto permite realizar diferentes grabaciones en las mismas condiciones. La comunicación con la tarjeta GPIO ha sido implementada empleando la librería *termios*

incluida en el núcleo de GNU/Linux. Esta librería permite mediante protocolos de comunicación serie, el envío de órdenes a los diferentes canales de la tarjeta a través del puerto USB. Ésta, a su vez, actúa sobre una placa de relés cuya misión es activar o desactivar de forma individual los elementos del sistema de iluminación (Fig. 1).

Se han obtenido varios miles de imágenes RGB e IR que han sido analizadas de forma semiautomática empleando las librerías MIL (Matrox Imaging Library V9). De esta forma, se han escrito varios *scripts* para la importación, segmentación e identificación de los elementos de interés dentro de la imagen y la extracción de la información (centro de gravedad, longitud, área, ángulo respecto a la horizontal) de los órganos de estudio seleccionados en la planta, para su posterior análisis estadístico. Para la extracción de características se ha automatizado mediante *scripts* el siguiente proceso:

- Importación de imágenes.
- Selección de la región de interés (ROI).
- Binarización de la ROI mediante técnica de umbralización (thresholding).
- Filtrado de grupos de píxeles con área inferior a la establecida dentro de la ROI.
- Medida automática de los parámetros de interés, gracias a las funciones que incorporan las MIL's.
- Exportación de los parámetros medidos a hoja de cálculo.

En la Fig. 2 se muestra una captura de pantalla de un *script* en ejecución (1), donde se puede observar los órganos de la planta estudiados, en este caso crecimiento de flores (2), selección de ROI's (3), binarización de la imagen (4) y medida de los parámetros de interés (5).

A partir de los datos obtenidos y mediante el lenguaje de programación estadístico R, se han analizado los parámetros obtenidos con el fin de contrastar si existen diferencias en la cinética de crecimiento de las diferentes líneas genéticas estudiadas. Si bien no se incorporan los resultados estadísticos ya que quedan fuera del alcance de este trabajo.

El sistema se ha probado con *Antirrhinum sp.* y *Petunia sp.* así como diferentes líneas genéticas (*Petunia x hybrida PhRNAiZTL*, *Antirrhinum majus L. subsp. majus* LHY RNAi, WT).

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los sistemas de fenotipado basados en visión artificial, pueden ser muy efectivos para la búsqueda de patrones de comportamiento cíclico en plantas. Sin embargo para que sean realmente efectivos, es

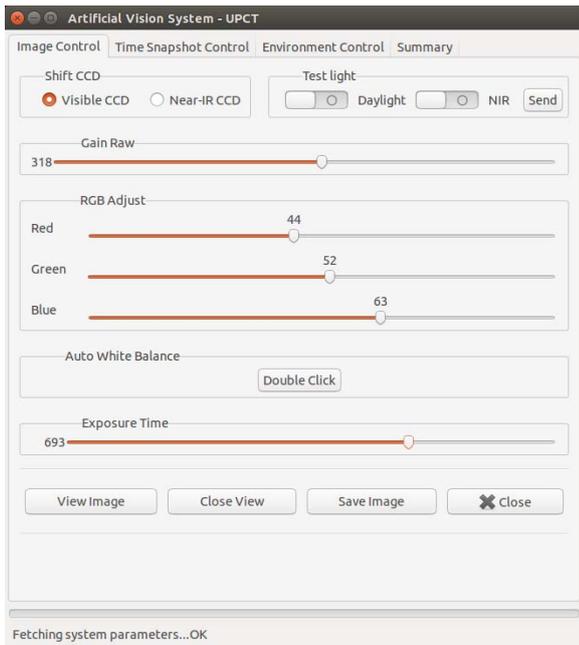
necesario disponer de un software que permita controlar los parámetros de interés del sistema así como la configuración de forma flexible e intuitiva de dicho sistema.

El software que hemos desarrollado, permite controlar el sistema. Al estar desarrollado en C/C++ facilita la integración de hardware propietario. Además es fácilmente extensible pudiendo incluir nuevas funcionalidades como el control de temperatura o el envío/recepción de información desde equipos informáticos externos. Finalmente, el desarrollo de *scripts* de Visual C++ con las funciones de procesamiento de imágenes de la MIL nos han permitido automatizar el análisis de miles de imágenes, que de otra forma habría resultado un proceso con un coste de tiempo muy elevado.

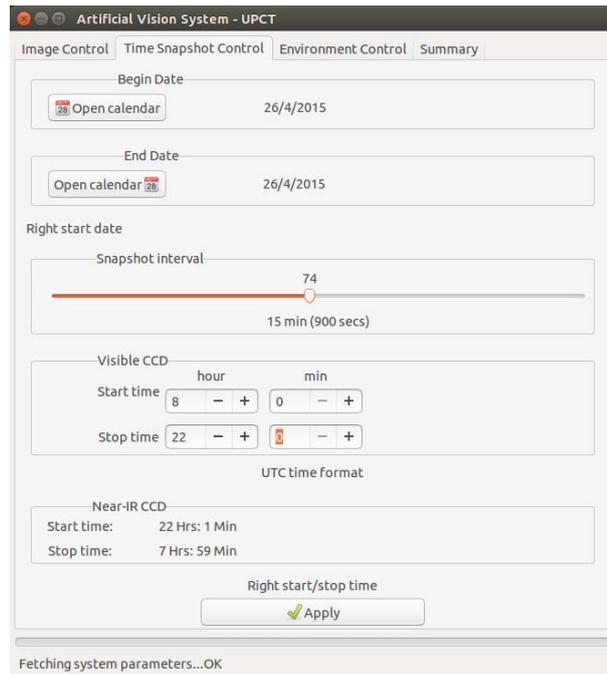
4. AGRADECIMIENTOS

El trabajo realizado se enmarca dentro de los proyectos MICINN BFU-2013-45148-R y ViSel-TR(TIN2012-39279).

Este trabajo ha sido presentado en el II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola, celebrado en Almería del 10-12 de febrero de 2016.



(a)



(b)

Fig. 1: (a, b) Interfaz gráfica desarrollada.

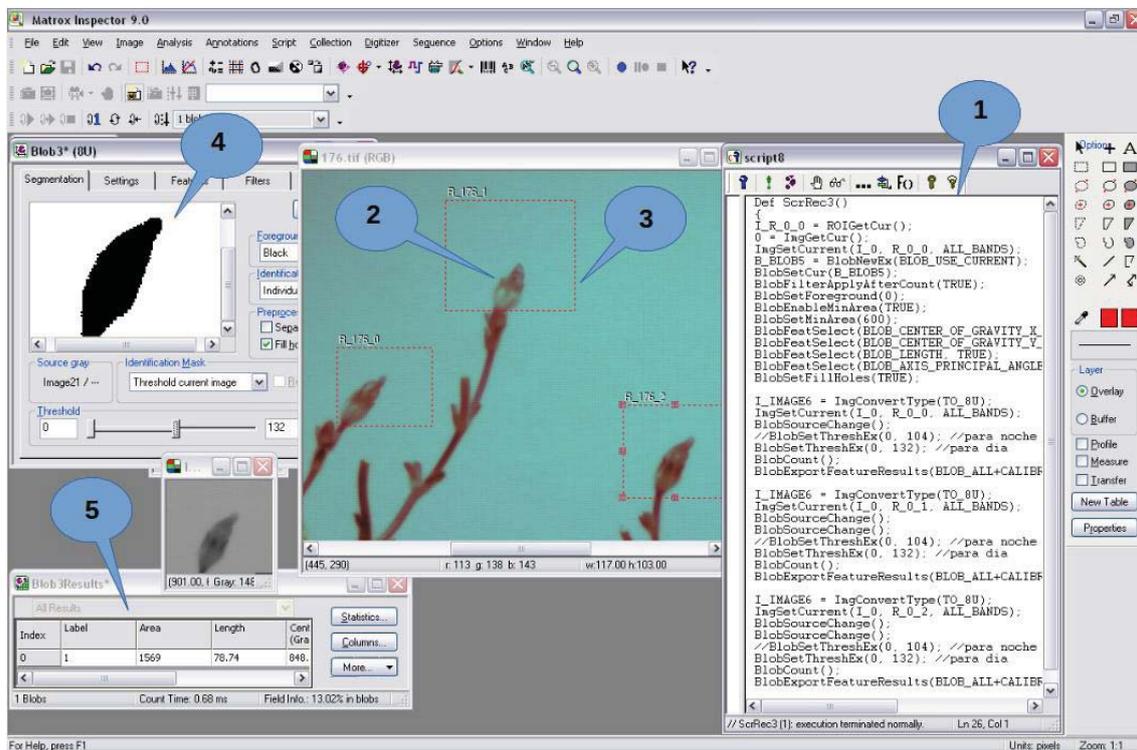


Fig. 2: Software *Matrox* con *script* en ejecución.

Referencias

- [1] Fahlgren, N., Gehan, M., Baxter, I. (2015). Lights, camera, action: high-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. *Curr. Opin. Plant Biol.*, vol. 24, pp. 93–99.
- [2] Deligiannidis, L., Arabnia, H. (2014). *Emerging Trends in Image Processing, Computer Vision and Pattern Recognition*. Morgan Kaufmann.
- [3] Aboeela, A., Liptay, A., Barron, J. L., (2005). Plant Growth Measurement Techniques using Near-Infrared Imagery. *Int. J. Robot. Autom.*, vol. 20, no. 1.
- [4] Navarro, P. J., Fernández, C., Weiss, J., Egea-Cortines, M. (2012). Development of a configurable growth chamber with a computer vision system to study circadian rhythm in plants. *Sensors (Switzerland)*, vol. 12, no. 11, pp. 15356–15375.
- [5] Nguyen, T., Slaughter, T., Max, N., Maloof, J., Sinha, N. (2015). Structured Light-Based 3D Reconstruction System for Plants,” *Sensors*, vol. 15, no. 8, pp. 18587–18612.
- [6] Tindall, A. J., Waller, J., Greenwood, M. , Gould, P. D., Hartwell, J., Hall, A. (2015). A comparison of high-throughput techniques for assaying circadian rhythms in plants. *Plant Methods*, vol. 11, no. 1, p. 32.