

Para estudiar la precisión de la metodología propuesta en el cálculo del LAI, el valor estimado se ha comparado con el valor real medido mediante métodos destructivos, con la ayuda de un planímetro (WinDias, Delta-T Devices Ltd, Cambridge).

Se han digitalizado un total de 3 plantas en diferentes estadios de crecimiento, con alturas de la masa vegetal de 0,52, 0,77 y 0,99 m, y se ha calculado la superficie foliar del 100% de las hojas digitalizadas que las componen. Posteriormente se ha estudiado la superficie mínima a medir para cometer errores en la estimación del LAI inferiores al 10%. Para ello la superficie foliar utilizada para el cálculo se ha reducido en un 25%, 50% y 75%. La metodología seguida para esta reducción ha consistido en dividir la planta en dos tramos de altura, intentando dejar el mismo número de hojas tanto en el tramo superior como en el inferior, y midiendo solamente la superficie de un porcentaje de hojas, descartando las de mayor y menor tamaño en cada tramo.

Resultados y Discusión

El LAI estimado (Tabla 2) calculado a partir de la superficie foliar digitalizada, corregida mediante la ecuación (1), se ha comparado con el LAI real medido en invernadero. Para el cálculo del LAI se ha empleado la Ecuación (2), donde “ N_{th} ” es el número total de hojas en planta, “ M_{sd} ” es la media de la superficie foliar digitalizada (m^2) y “ S_s ” es la superficie que ocupa la planta en el suelo (m^2).

$$LAI = \frac{(N_{th} \times M_{sd})}{S_s} \quad (2)$$

Como se puede observar en la Tabla 3, los menores errores se cometen cuando se mide el 100% y el 75% de las hojas de la planta. Si se considera el 50% de las hojas se obtiene un error menor del 8% en todos los casos, lo que permite una estimación del LAI reduciendo el tiempo de registro de datos en campo y el procesado de los mismos. En vista a los resultados se propone la Ecuación (3) para el cálculo del LAI, a partir de los datos de superficie foliar obtenidos usando un digitalizador magnético y siguiendo la metodología anteriormente descrita.

$$LAI = \frac{[(N_{th} \times M_{sd50\%}) + 63,196]}{0,867 \times S_s} \quad (3)$$

Donde “ N_{th} ” es el número total de hojas de la planta, “ $M_{sd50\%}$ ” es la media de la superficie digitalizada del 50% de las hojas (m^2) y “ S_s ” es la superficie que ocupa la planta en el suelo (m^2).

Conclusiones

Este estudio preliminar, propone una metodología y ecuación para estimar el LAI en cultivo de tomate en invernadero, mediante un método no destructivo, utilizando un digitalizador magnético, cometiendo errores inferiores al 8% y permitiendo un ahorro de tiempo en el registro y procesado de datos, al digitalizar únicamente el 50% de las hojas de la planta. Para poder dar como válida esta metodología es necesario el estudio sobre una población suficiente de plantas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la CICE (proyecto P12-AGR-773) y cofinanciado por Fondos FEDER.

Bibliografía

- Kaminuma, E., Heida, N., Tsumoto, Y., et al. 2004. Automatic quantification of morphological traits via three-dimensional measurement of Arabidopsis. *Plant Journal*. 38(2): 358-365.
- Lallana, V., 1999. Medición del área foliar mediante escáner y software IDRISI. *FAVE*. 13(2):27-33.
- Páez, F., Sánchez-Hermosilla, J., Agüera, F., Carvajal, F., Callejón, A., Pérez, J. 2009. Modelado tridimensional de plantas de tomate en invernadero para la optimización de tratamientos fitosanitarios mediante técnicas CFD. V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico AgroIngeniería 2009. pp 109-110.
- Rakocevic, M., Sinoquet, H., Christophe, A. 2000. Assessing the geometric structure of a white clover (*Trifolium repens* L.) canopy using 3-D digitising. *Annals of Botany*. 86(3): 519-526.

Tabla 1. Descripción de las plantas digitalizadas (altura, número de hojas y LAI real)

Planta	Altura (m)	Nº total hojas	75% de hojas	50% de hojas	25% de hojas	LAI real
1	0,52	14	10,5	7	3,5	0,32
2	0,77	18	13,5	9	4,5	0,63
3	0,99	20	15	10	5	1,17

Tabla 2. Valores del LAI estimado y LAI real de cada una de las plantas digitalizadas.

Planta	LAI real	LAI _{100%}	LAI _{75%}	LAI _{50%}	LAI _{25%}
1	0,32	0,31	0,31	0,31	0,29
2	0,63	0,66	0,60	0,59	0,52
3	1,17	1,12	1,12	1,08	1,06

Tabla 3. Error cometido en la estimación del LAI (LAI real – LAI digitalizado)

Planta	Error _{100%} (%)	Error _{75%} (%)	Error _{50%} (%)	Error _{25%} (%)
1	0,25	1,01	1,46	5,99
2	4,05	4,43	5,64	17,36
3	3,91	4,34	7,80	9,22

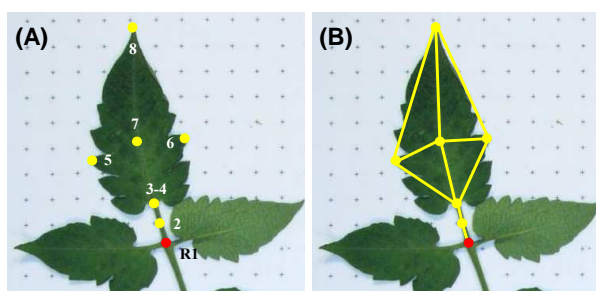


Figura 1. Localización de los puntos (A) y representación geométrica en el foliolo y peciolo (B).