

La ecofisiología vegetal estudia fundamentalmente las interacciones de los recursos ambientales y los procesos de las plantas. El propósito de esta conferencia es presentar las interrelaciones a darse entre la fisiología del cultivo de la papa y los principales factores determinantes del micro-ambiente como son: la irradianza, el CO<sub>2</sub>, la temperatura y el agua, relacionando trabajos que sobre esta temática se han realizado a nivel regional.

### Radiación

La radiación solar es la fuente energética de las plantas e induce diferentes respuestas biológicas por cambios en la calidad, cantidad, dirección y periodicidad. En general, las plantas presentan respuestas a la luz a través de procesos tales como fotosíntesis, foto-respiración, fotoperiodicidad, foto-morfogénesis, etc.

#### Radiación y fotosíntesis

Similar a otras especies de plantas de metabolismo C<sub>3</sub>, en la papa (*Solanum tuberosum* L.) la relación existente entre la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> y la irradianza (400 - 700 nm), expresada como flujo de fotones fotosintéticamente activos, se describe como una hipérbola rectangular. El punto de saturación ocurre aproximadamente a 1.200 moles de fotones·m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>. El punto de compensación de luz para las hojas de papa está entre los 10 y 20 moles de fotones·m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>. Estos valores indican que la hoja de la planta de papa responde fotosintéticamente a condiciones de sombra pero presenta adaptabilidad a condiciones de radiación relativamente altas. En determinaciones de irradianza efectuadas en los municipios de Villa de Leyva, Tuta, Paipa, Firavitoba, Carmen de Carupa, Mosquera, Soacha y Suba se encontraron valores que oscilan entre 500 y 2.500 moles de fotones·m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>, lo cual indica que la irradianza incidente en la zona es suficiente para un adecuado comportamiento fotosintético.

#### Intercepción de la radiación

La intercepción de la radiación solar por el dosel está determinada por la cantidad de follaje, las dimensiones y orientación del mismo, la distribución del área foliar, los ángulos foliares y la radiación total (directa + difusa) incidente. La relación entre estas variables está dada por la ecuación  $I = I_0 e^{-kLAP}$ . El coeficiente de extinción (k) es un índice que depende de la arquitectura de la planta (ángulo foliar, altura, densidad vertical de follaje, etc.) y de las características de absorción, transmisión y reflexión de la luz por parte de la hoja. Por tanto, la intercepción de luz por el dosel estará delimitada por la cantidad de radiación incidente en la región, el coeficiente de extinción, la orientación y distribución del follaje del cultivo de papa en el área de suelo.

Por esta razón, la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa bajo las condiciones de irradianza, en las zonas cultivadas con papa, no sería un factor limitante debido a que el flujo fotónico incidente es suficiente y que factores tales como el coeficiente de extinción e índice de área foliar (IAF) óptimo están determinados por una selección de materiales adaptados al área y al conocimiento y utilización de las técnicas agronómicas apropiadas.

<sup>1</sup>Ing. Agr., M.Sc. Consultor independiente. gercoro@hotmail.com

### **Economía del carbono**

El crecimiento y productividad de los cultivos de papa son dependientes de la asimilación de carbono (vía fotosíntesis) y de la translocación y asignación posterior del recurso. El dióxido de carbono es un gas presente en la atmósfera a una concentración de 0,035% o 350 partes por millón (ppm). La presión parcial de CO<sub>2</sub> varía con la presión atmosférica y es aproximadamente de  $3,5 \times 10^{-5}$  Mpa (350 Bar) a nivel del mar. Como se mencionó anteriormente, la papa es una planta de metabolismo C<sub>3</sub>, plantas que presentan valores de concentración de compensación de CO<sub>2</sub> entre los 20 y 100 l de CO<sub>2</sub> por litro. El valor alto del punto de compensación de CO<sub>2</sub> de plantas C<sub>3</sub> significa que ellas mantienen tasas medias de asimilación de CO<sub>2</sub> a las concentraciones promedio de CO<sub>2</sub> en el ambiente. Las plantas de metabolismo C<sub>3</sub> presentan foto-respiración y el rendimiento cuántico es superior a temperaturas por debajo de los 25°C. Respecto a la respiración, es posible que los valores oscilen de un 38% a 65% de los foto-asimilados diarios, similar a las especies perennes. En las localidades de San Jorge (Soacha) y Marengo (Mosquera) se determinaron las tasas netas de asimilación de CO<sub>2</sub> para siete genotipos de papa y se registraron valores entre 5 y 19 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

### **Temperatura**

Los procesos vitales de las plantas están confinados a unos límites de temperatura y existe una temperatura óptima de funcionamiento de tal manera que si se modifica se alteran las tasas o velocidades de dichos procesos. Para cada especie vegetal y estado de desarrollo se dan unas zonas cardinales de temperatura características; estas zonas de temperatura no son constantes sino, por el contrario, pueden desplazarse permitiendo adaptaciones a las condiciones ambientales imperantes. En general, los aspectos del crecimiento de la planta, tales como procesos biofísicos, reacciones enzimáticas, transporte de iones, translocación, asignación y distribución del carbono y permeabilidad de membranas son regulados por la temperatura.

La temperatura foliar óptima para fotosíntesis en el cultivo de la papa es bastante amplia; oscila entre 18°C y 24°C. Existe una gran diferencia de respuesta entre las diferentes especies y cultivares de papa a las altas temperaturas y la respuesta a temperaturas de "enfriamiento" y "congelamiento" varía ampliamente entre los diferentes genotipos. Las temperaturas de enfriamiento y de congelamiento ocasionan descenso en la tasa fotosintética y tienen efectos nocivos en el crecimiento de los cultivares de papa, en las relaciones hídricas y en los procesos de translocación y asignación del carbono. La magnitud del daño varía de acuerdo a la intensidad y periodicidad de las bajas temperaturas y al estado fenológico y sensibilidad de los cultivares utilizados.

Las áreas dedicadas al cultivo de la papa en las diferentes regiones de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá se localizan en los pisos térmicos frío y muy frío con temperaturas promedio que van desde 8°C a 18°C. La incidencia de heladas y bajas temperaturas (cercanas a los 0°C) implica restricciones para la expresión óptima de los diferentes procesos que regulan el crecimiento y desarrollo de los cultivos de papa.

### **Economía hídrica**

La variación anual en los rendimientos de los cultivos comerciales de papa es consecuencia de las fluctuaciones en las condiciones meteorológicas y el factor responsable de la mayoría de estos cambios es la distribución y cantidad de lluvias. La baja disponibilidad de agua ocasiona en el cultivo una notoria disminución en su crecimiento y desarrollo. La transpiración, la captación de agua y su transporte desde las raíces a las superficies que transpiran son los procesos básicos de la economía hídrica.

La exposición del cultivo de papa a estrés de agua causa la reducción del potencial de rendimiento, reduciendo tanto la intercepción de la radiación solar como la eficiencia fotosintética del dosel. Como resultado del agobio de agua durante el desarrollo vegetativo, el área de las hojas de la planta se reduce, como también el número de hojas por planta debido a restricciones en las tasas de exposición foliar. Aun más, la sequía induce la prematura senescencia foliar. Dependiendo de la severidad y de la duración del estrés de agua, los cultivos pueden sufrir una disminución del índice denominado "duración del área foliar"; además de su influencia sobre el tamaño del follaje, el estrés de agua tiene una marcada influencia sobre la fisiología de las hojas de papa totalmente expandidas. Bajos potenciales de agua en el suelo son suficientes para causar tasas bajas de intercambio de CO<sub>2</sub>, debido al cierre parcial de estomas. Esto indica que la papa es una de las especies de plantas mesofíticas, muy sensibles al estrés hídrico.

En el Departamento de Cundinamarca, el cultivo de la papa se maneja como un cultivo de temporal y pluviométricamente se encuentran zonas secas con precipitaciones promedio anual entre 500 y 1.000 mm (Sabana de Bogotá), zonas húmedas con precipitaciones promedio entre 1.000 y 2.000 mm al año (sectores de los municipios de Chipaque, Uña, Gutiérrez, Fomeque, Guasca, Guatavita y el noroccidente de Carmen de Carupa, Gacheta, y Simijaca) y zonas muy húmedas con precipitaciones que van desde los 2.000 mm a los 4.000 mm anuales, desde el municipio de Cabrera hasta San Cayetano y un pequeño corredor en los municipios de Bojacá, Caparrapi y Alban (IGAG, 2000).

### **Identificación del problema**

En general, la investigación en ecofisiología vegetal ha sido pobremente desarrollada a nivel nacional. Específicamente los pocos y esporádicos estudios en la ecofisiología del cultivo de papa han contribuido a la comprensión de la respuesta de la planta al ambiente y han servido para demostrar la importancia que tiene esta disciplina para el desarrollo y la sostenibilidad del cultivo.

### **Necesidades de investigación**

- Efecto de los factores ambientales sobre la asignación y distribución de carbono.
- Relaciones hídricas y tolerancia a la sequía.
- Temperaturas óptimas. Mecanismos de respuesta a las bajas y altas temperaturas.
- Caracterización ecofisiológica de las zonas dedicadas al cultivo.
- Radiación y economía del carbono.

### **Bibliografía**

- Buitrago, C. 1999. Evaluación fotosintética de genotipos de papa (*Solanum spp.*) tolerantes y no tolerantes a las bajas temperaturas. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Bogotá. 88 p.
- Cabezas, M. 2003. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en tres localidades colombianas. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Bogotá. 95 p.
- Hay, R.K.M.; Walker, A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical Ed. New York. 292 p.

OPASIJAMA

IGAC. 2000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Bogotá. 615 p.

Khurana, S.C.; McLaren, J.S. 1982. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. *Potato Research* 25: 329-322.

Rodríguez, I. 2001. Evaluación del efecto de la densidad de población sobre variables fisiológicas y componentes de rendimiento en *Solanum tuberosum* L. variedad parda pastusa en dos localidades. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Bogotá. 134 p.

Villamil, H. 2000. Características de la anatomía de la hoja de genotipos de especies diferentes de *Solanum* resistentes a bajas temperaturas. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 100 p.

OPASIJAMA