

ACLIMATACIÓN FISIOLÓGICA EN PLANTAS; PODEROSA HERRAMIENTA PARA PREVENIR, MITIGAR Y REPARAR EL DAÑO POR ESTRÉS CLIMÁTICO

LUIS SAN MARTIN TRONCOSO, INGENIERO AGRÓNOMO, GERENTE DIRECTOR AGROSUPPORT LTDA., SCHOLAR VISIT 2016-2018 UW-MADISON USA.

La aclimatación fisiológica en las distintas especies vegetales, es un proceso real y posible de promover o facilitar. Existe un extenso trabajo a nivel mundial, donde destaco al Comité Científico que desde el año 1977 organizan el International Plant Cold Hardiness Seminar o IPCHS que se realiza cada 4 años, el año pasado se realizó en la Universidad de Wisconsin-Madison, USA y para el año 2022 se realizará en Japón, Universidad por confirmar.

Esta aclimatación fisiológica, involucra una serie de procesos y reacciones en la planta que buscan facilitar y promover distintos ciclos enzimáticos y expresión genética favorables. Y además busca inhibir o mitigar cliclos y componentes antagonicos, cómo son los relacionados con la emisión de etileno y enzimas oxidativas. De esta manera la planta mejora su respuestas a las condiciones que no son del todo óptimas para su funcionamiento; temperatura, luz o radiación, agua, química ambiental y de suelo, nutrición, niveles de CO₂, otros y su interacción.

Es importante indicar que al existir aclimatación, también existe desaclimatación y reaclimatación. Y si bien las plantas pueden reaccionar a las condiciones ambientales, cuando estas condiciones presentan factores de estrés severo, la reacción es más lenta de lo necesario y se da pie al daño y por lo tanto pérdida en rendimiento y calidad.

Me gustaría hacer referencia a una proteína clave en la expresión de la aclimatación; La **Calmodulina**, enzima fundamental tanto para el ciclo del Calcio como en la activación del sistema anti estrés de la planta, es la encargada de activar a la planta y prepararla para responder de mejor manera al estrés climático. Además la Calmodulina por sí sola es un bio regulador, que incluso está influyendo en la producción y balance de ácido giberélico y otras hormonas. Complementando a la Calmodulina están las **proteínas de choque térmico** o **HSP** (siglas en inglés), que son clave para resistir mayores temperaturas y altos niveles de radiación.

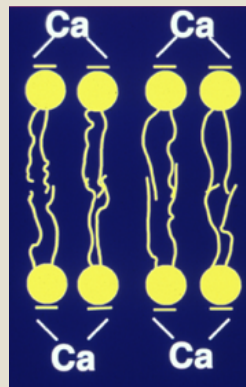
Tanto la actividad de la Calmodulina como de otra proteína, la ATPasa, tienen un efecto directo para mantener la estabilidad y flexibilidad de la membrana celular.

La membrana celular es una estructura compleja y vital, que lamentablemente está en permanente estrés y recurrente

desbalance. Especialmente y de manera muy directa debido a las condiciones climáticas adversas o estrés climático. Es esta pérdida en la estabilidad de la membrana celular la que va a traducirse en una drástica pérdida de actividad fotosintética, baja producción de bio masa y fruta de menor calidad; blanda, partida e incluso en situaciones más extremas deshidratada en la planta de manera muy violenta como ocurre con los arándanos.

MEMBRANA CELULAR

El Calcio estructural o ligado estabiliza la membrana celular; esto gracias a que las características físicas y químicas de este elemento permiten que se ligue de manera perfecta a las cabezas lipídicas de la membrana. Sin embargo este Calcio estructural o ligado es lo primero en perderse frente al estrés climático. La Calmodulina es clave en restablecer este Calcio estructural a nivel de membrana.



El uso de calcio soluble, promotores del ciclo del Calcio y de la CALMODULINA son claves para estabilizar membrana celular y así gatillar o mejorar la respuesta de las plantas al estrés climático y además para aumentar los niveles de Calcio. Es muy importante mencionar que si queremos aumentar el nivel de Calcio en fruta debemos aplicar fuentes o productos solubles, debido a que el Calcio se mueve exclusivamente vía flujo de masa.

Son estos distintos procesos fisiológicos, y muchos otros que están siendo investigados, los que desencadenan en la tan necesaria aclimatación, y es esta aclimatación fisiológica la responsable de prevenir, mitigar y reparar el daño producido por los distintos factores de estrés climático que afectan a todas las especies y son responsables de la pérdida en rendimiento y calidad.

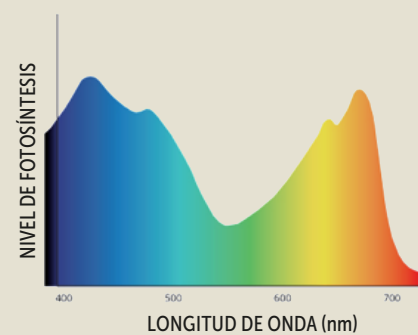
SÍNTESIS DE PIGMENTOS Y ACLIMATACIÓN

Los pigmentos en general, y especialmente los antocianicos, son los mayores antioxidantes en fruta, madera, yemas y hojas. No solamente actúan directamente sobre los radicales libres y la foto oxidación, sino que filtran radiación UV y permiten a la planta administrar de mejor manera el exceso de radiación y poder mantener fotosíntesis neta por

más tiempo. La foto oxidación desencadena en necrosis celular, esta puede ser la mayor causa directa de deshidratado y ablandamiento en fruta, afectando constantemente la estabilidad de la membrana celular. Lo interesante es que los precursores de pigmentación antocianica son los fitocromos activos, los que necesitan que la planta absorba luz en el rango de radiación PAR roja para estar en su fase activa. Por lo tanto debemos ser muy cuidadosos con sombrear o bloquear la absorción de luz por parte de la planta, no solamente se inhibe síntesis de pigmentos (color) sino que además se inhibe la síntesis de distintas enzimas y ciclos enzimático pro aclimatación.

IMPORTANTE. Es fundamental diferenciar entre calidad y cantidad de radiación. Cuando se habla de **radiación fotosintéticamente activa** o PAR (por sus siglas en inglés) nos referimos al tipo o calidad de radiación que las plantas utilizan en sus procesos fotosintéticos, es lo que se muestra en el siguiente gráfico.

Imagen 2. La radiación fotosintéticamente activa, es básicamente el rango entre 400 a 700 nm., del espectro visible de radiación.



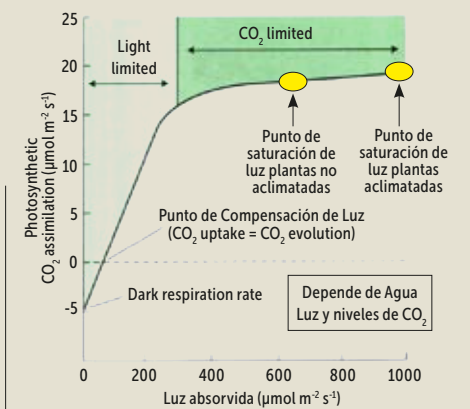
Como se aprecia, las plantas prefieren la luz azul y roja para la **fotosíntesis** (PS), que corresponde a los rangos más extremos del gráfico. Versus la luz verde que es la menos utilizada en PS, y la planta refleja en su mayoría.

La radiación **ultra violeta** (UV) y la **infra roja** no son útiles en los procesos fotosintéticos, es más los rayos UV son extremadamente tóxicos para plantas, animales y seres humanos. De ahí la importancia de reflejarla, de lo contrario el daño es directo, produciendo radicales libres y necrosis celular, con todo el daño que esto se traduce en rendimiento y calidad; calibre, pardeo externo e interno, golpe de sol, problemas de color, sólidos y desordenes fisiológicos en pos cosecha.

Otro tema distinto, pero estrechamente relacionado, se refiere a la **cantidad o intensidad de radiación**, dentro del

espectro de radiación fotosintéticamente activa o PAR. Esta cantidad o intensidad lumínica se mide en $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{segundo}$.

Imagen 3. Respuesta de la Fotosíntesis a la intensidad lumínica.



Como se puede apreciar en la imagen 3, para mantener a la planta en fotosíntesis activa la cantidad óptima de luz o radiación fluctúa entre los 300 a 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg.}$, donde el punto de saturación de luz está cercano a los 700 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg.}$ Sobre este punto de saturación de luz, tanto la temperatura ambiental, disponibilidad de agua y CO₂ son críticos para mantener la actividad del aparato fotosintético. Cuando el aparato fotosintético colapsa o entra en desbalance no puede procesar o administrar correctamente la luz y entramos en un punto crítico y extremadamente tóxico o dañino para la planta. Con una planta aclimatada podemos aumentar las horas del día en que la planta está activa, y además se disminuye el tiempo de inactividad y el tiempo en que está sufriendo algún daño y reparándolo.

Es muy importante indicar que en un día de primavera despejado, a las 11.00 AM tenemos más de 1.500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg.}$, es decir mucho más de lo necesario.

Imagen 4. Medición de PAR. Angol, IX Región de Chile. Martes 12 de Septiembre 2017, a las 11.49 hrs.



Con más de 2.000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg.}$, como se aprecia en imagen 4, el tema es crítico. Y como todo en terreno es **multifactorial**, a esto hay que sumar en temporada estival las elevadas temperaturas y mayor demanda de agua o riego. El viento es más complejo, pues si bien tiene la capacidad de disipar radiación y disminuir temperatura superficial, también provoca mucha deshidratación y daños mecánicos.

Necesitamos que nuestras plantas estén haciendo fotosíntesis más horas del día, tanto por temas productivos como por un tema de administrar y procesar correctamente la radiación.