



## MANEJO DE HELADAS

(Tecnología Actiphyl)

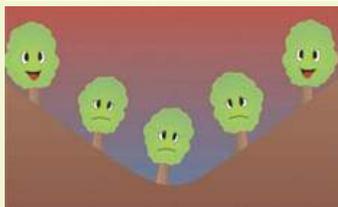
Técnicamente, la palabra “helada” se refiere a la formación de cristales de hielo sobre las superficies, tanto por congelación del rocío como por un cambio de fase de vapor de agua a hielo (Blanc et al., 1963; Bettencourt, 1980; Mota, 1981; Cunha, 1982) no obstante, la palabra es ampliamente utilizada por el público para describir un evento meteorológico cuando los cultivos y otras plantas experimentan daño por congelación. Un evento de helada se convierte en un evento de congelación cuando se forma hielo extracelular dentro de las plantas

### Tipos de Heladas

**“ADVECTIVA”:** asociadas con incursiones a gran escala de aire frío con una atmósfera con viento y bien mezclada y una temperatura que a menudo está por debajo de cero, incluso durante el día.



**“RADIATIVA”:** asociadas con el enfriamiento debido a la pérdida de energía por el intercambio radiante durante las noches despejadas y en calma, y con inversiones de temperatura (la temperatura puede aumentar con la altura).



A su vez las radioactivas pueden ser:

Blancas cuando el vapor de agua se deposita sobre la superficie y forma una capa blanca de hielo que se denomina normalmente

Figura 1: circulación del aire caliente desde el suelo; hortaliza con formación de escarcha tras una helada; árboles ubicados en depresiones con mayor estrés por heladas. Tomado de: <http://www.agromatica.es/heladas-en-los-cultivos/>

“escarcha”. Cuando la humedad es alta, el hielo es más probable que se deposite y se produce una “helada blanca”.

Negras ocurren cuando la temperatura cae por debajo de 0 °C y no se forma hielo sobre la superficie. Si la humedad es suficientemente baja, entonces la temperatura de la superficie puede que no alcance la temperatura del punto de formación de hielo y no se formará escarcha.

Cuando la temperatura disminuye gradualmente una planta puede aclimatarse para resistir mejor las bajas temperaturas, sin embargo en muchas ocasiones se producen daños que puede ser o no irreparables. Las plantas y tejidos jóvenes son más susceptibles a los daños por heladas, por mayor contenido de agua y menor grosor en las paredes. El grado de daño por bajas temperaturas en la planta va en función de la especie, el estado fisiológico de la planta, las condiciones ambientales y el mecanismo de daño (Beard, 1953).



Figura 2: diversas plantas afectadas por heladas. Tomado de: <http://www.agromatica.es/heladas-en-los-cultivos/>

## Fisiología de las heladas



La principal causa de los efectos negativos en la plantas se da por cambios en las propiedades de las membranas, derivados de cambios en la fluidez de las mismas. Un descenso rápido de la temperatura no permite una adaptación de los lípidos y hace que las membranas se tornen más cristalinas y menos fluidas, esto ocasiona que las proteínas no funcionen adecuadamente (Arjona, 2015).

Entre las alteraciones fisiológicas que se desencadenan por un estrés por frío están: 1. Inhibición de la ATPasa (Síntesis de ATP); 2. Inhibición del transporte de solutos dentro y fuera de la célula; 3. Inhibición del metabolismo en general. 4.

Inhibición de la fotosíntesis (membrana del cloroplasto); 5. Menores tasas respiratorias (membrana de la mitocondria); 6. Translocación lenta de carbohidratos, 7. Inhibición de la síntesis de proteínas; 8. Incremento en la degradación de proteínas pre-existentes, 9. Aumento en la permeación de solutos.

### Formación de Cristales

Las bajas temperaturas hacen que se formen cristales en un inicio en los espacios intercelulares y luego al interior de las células, esto provoca que las células se deshidraten y mueran, el crecimiento de los cristales extracelulares por las bajas temperaturas que las células se rompan y deshidraten. Por lo que impedir la formación de cristales es de gran importancia para evitar los daños por heladas, y por ello las plantas ha desarrollado proteínas y azúcares anticongelantes. La sacarosa es el azúcar más asociado con la tolerancia al anti congelamiento. Algunas bacterias como *Pseudomonas syringae* y *Erwinia herbícola* aceleran la formación de cristales y con ello el daño celular. Dado que la formación de cristales conlleva a un estrés osmótico en la célula, superar el estrés por frío implica realizar ajustes osmóticos (Arjona, 2015).



Figura 3: Formación de cristales de hielo en las plantas y ruptura de membranas en las células. Tomado de: <http://blog.kyabra.com/2014/06/27/frost-crystals/>

### Métodos de protección contra heladas

Para la protección se ha creado diferentes métodos de control que pueden ser clasificados entre otros en Pasivos (preventivos, un periodo largo de tiempo) que se relacionan con técnicas biológicas o ecológicas, o activos que se basan en métodos físicos e intensivos (temporales y demanda gran cantidad de energía y/o trabajo). Dentro de las técnicas ecológicas se encuentran el manejo del suelo y la nutrición.



Figura 4: diversas metodologías empleadas para la protección contra heladas. Tomado de: <http://www.volvelatierra.com.ar/alimentos/huerta/huerta-junio-2012-caen-heladas/>

## Gestión de la Nutrición en las Plantas



En términos generales plantas que presenten **deficiencias o desbalances nutricionales**, son más propensas a daños por estrés abiótico entre ellos bajas temperaturas. Y un plan balanceado y adecuado de la fertilización mejora la tolerancia de los cultivos a condiciones desfavorables de temperatura, esto no solo permite a las plantas incrementar la tolerancia a bajas temperaturas, sino que mejora la recuperación luego del estrés. Sin embargo cada uno de los nutrientes puede afectar de diferentes maneras la tolerancia de las plantas a daños por frío.



### Nitrógeno

Se ha reportado que aplicaciones excesivas de nitrógeno antes de un fuerte descenso en la temperatura incrementa las posibilidades de daños en las plantas (Carroll y Weltone, 1939). Se atribuye que la promoción de tejidos nuevos por parte de nitrógeno, incrementa la probabilidad que las plantas sufran daños.

Villar et al. (2005) abordan la influencia de varias dosis de nitrógeno en la respuesta de diferentes parámetros relacionados con la resistencia a bajas temperaturas en diferentes especies forestales, y reportan que la fertilización nitrogenada afecta más los parámetros morfológicos que los fisiológicos y que las respuestas morfológicas tienden a seguir un mismo parámetro, mientras que las fisiológicas presentaron una amplia variación.

El nitrógeno a pesar de incrementar las susceptibilidad al frío, es una buena alternativa en la recuperación de plantas, con el fin de promover el crecimiento de nuevos tejidos.

K

## Potasio

El potasio es el principal nutriente que se pierde por la deshidratación provocada por las bajas temperaturas en los tejidos (Palta, 1990). Por lo que se convierte en uno de los nutrientes de mayor manejo al momento de hacer un plan de prevención y recuperación de plantas afectadas por heladas. Su rol en el desarrollo de la raíz y en la osmoregulación también influye en gran medida en la recuperación de las plantas y su ya conocido papel en la regulación por apertura estomática (Meidner y Willmer, 1975) refuerza su gran influencia en la fisiología del estrés hídrico. Para mantener la presión osmótica al interior de las células, se puede incrementar la fertilización con K en busca de regular el estatus hídrico de la planta, mediante ajuste osmótico. A pesar del importante papel que tiene el potasio en la regulación hídrica y el proceso fotosintético de la planta, no hay unanimidad en el efecto del K en la protección contra heladas dada la respuesta diferencial en las especies evaluadas. Broschat (2010) encontró que una mejora en los contenidos foliares de K resultado de la fertilización con K se relacionó con menores daños por frío.

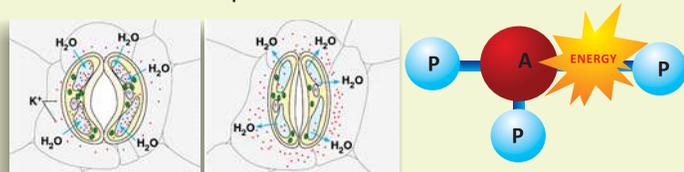


Figura 5: apertura y cierre de estomas regulado por potasio y ubicación del Fósforo en la molécula energética de la planta (ATP). Tomado de: <http://www.julesbartow.com/NVCC/Botany/Transport.aspx>

P

## Fósforo

El fósforo es el elemento más involucrado en los procesos energéticos dado que hace parte del ATP y con ello afecta de forma directa todos los procesos metabólicos de la planta. Además el fósforo es importante para la división celular, es por ello que es necesario para la recuperación de plantas con daños por heladas.

Las deficiencias de fósforo se ven favorecidas disminuciones en la temperatura del suelo y años de práctica han confirmado que bajas temperaturas pueden afectar la absorción de fosfatos y con ello afectar el crecimiento de las plantas. Mientras que incrementos en la fertilización con P promueve el crecimiento de las raíces de arroz e incrementa el establecimiento luego del trasplante (Li-gang et al., 2012) de plántulas con influencia de bajas temperaturas. En cultivos como arroz, melón, caña de azúcar, tabaco y trigo se ha demostrado que un incremento adecuado de la fertilización con P incrementa la tolerancia de las plantas a daños por frío (Wei et al., 2003; Chen et al., 2007; Li et al., 2004; Wang et al., 1999). Li-gang et al., (2012), plantean que el fosfato regula la fisiología fotosintética y la fluidez de la membrana para reducir la lesión por bajas temperaturas.

## Otros Nutrientes

El **Calcio** no solo está presente en estructuras de resistencia como las paredes y membranas celulares, sino que además desempeña un rol de mensajero secundario, especialmente en la transducción de señales de ABA (*Acido Abscísico*) en las células guarda (*hormona de estrés*) y se considera que media en la respuesta y aclimatación al estrés. En condiciones de heladas se altera la fluidez de las membranas, por lo cual se da inicio a un proceso de señalización en cadena para acondicionar la planta, mediando respuestas fisiológicas frente a condiciones de estrés, (Kamrul et al., 2013).

Elementos como el **Magnesio** tienen la capacidad de actuar como activadores de enzimas que contribuyen en la formación de carbohidratos en la planta, ayudando a mantener el turgor de las células. También está involucrado en la formación de polipéptidos incrementando los niveles de proteínas en las células, además de participar en la activación de procesos de división celular; esto se relaciona con el aumento en la tolerancia estrés por déficit hídrico ocasionada por la formación de cristales de hielo al interior de la planta mediante la acumulación de carbohidratos y proteínas que actúan como osmoreguladores, además, permite la recuperación de las plantas afectadas por este fenómeno mediante la activación de procesos de división celular. El **Cloro** es un elemento que participa en procesos de división celular, pero su rol principal dentro de la planta corresponde a la regulación osmótica y equilibrio iónico.

Plantas que presentan deficientes contenidos de **Manganeso** son más susceptibles a bajas temperaturas (Buntje, 1979).

Elementos como el **Cobre** que afecta el desarrollo de bacterias mejoran la tolerancia contra heladas por menores poblaciones de bacterias activadoras de núcleos de hielo presentes en los tejidos de la planta.

### Deshidratación por Estrés

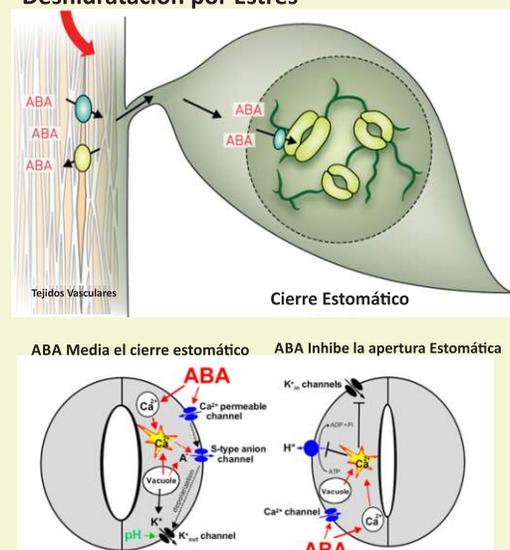


Figura 6: Movimiento de ABA en la planta hasta las hojas y mediación del cierre estomático del Ca en el déficit hídrico. Tomado de: <http://labs.biology.ucsd.edu/schroeder/clickablegc.html#figure1>

