

RED RINAP: 'Red Iberoamericana de la Nutrición de Azufre en Plantas'

Javier Canales¹, Anita Arenas¹, Elena Vidal¹, Laura Carrillo² y Joaquín Medina²

1. **Universidad Austral (Chile).**

2. **Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (CBGP, UPM-INIA).**

La red de investigación RINAP tiene como objetivo principal el fortalecimiento de la interacción entre grupos de investigación españoles y sudamericanos en torno a la regulación de la asimilación del sulfato en las plantas, con el propósito de identificar nuevas estrategias que nos permitan mejorar el metabolismo del azufre en los sistemas de producción vegetal en un futuro.

Resumen

La disponibilidad de nutrientes tiene un impacto directo sobre el desarrollo de las plantas y en el rendimiento de los cultivos. Además, nutrientes como el azufre afectan a la capacidad de respuesta de las plantas frente al estrés y también a la calidad nutricional de los productos agrícolas.

¿Por qué estudiar la deficiencia del azufre? El azufre es un macronutriente esencial para el desarrollo de las plantas y, por consiguiente, influye en el rendimiento de los cultivos, calidad de los productos agrícolas y también en la capacidad de respuesta de las plantas frente a los estreses abióticos y bióticos. Debido a la agricultura intensiva, el azufre se ha unido al grupo de nutrientes limitantes en muchos suelos de cultivo. Es por ello que en la última década la comunidad científica internacional ha realizado diversos esfuerzos con la finalidad de identificar las bases moleculares de la respuesta a la deficiencia de este nutriente para el desarrollo de nuevas variedades más eficientes en el uso de nutrientes y por tanto permitan una agricultura sostenible.

El azufre como nutriente para las plantas

El azufre (S) es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, ya que está presente en compuestos tales como aminoácidos (metionina y cisteína), glutatión, proteínas y sulfolípidos. Además, S es un componente importante de la Ferredoxina, que participa en importantes procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas tales como fotosíntesis, síntesis de glutamato, fijación de nitrógeno y reducción de nitratos. S es un macronutriente, como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, que deben estar disponibles en relativamente grandes cantidades para garantizar crecimiento del cultivo.

En los últimos años, las deficiencias de S en los cultivos se han incrementado en todo el mundo, especialmente en áreas que presentan altas precipitaciones que favorece lixiviación de los suelos. Este cambio se atribuye en gran medida a la disminución de los aportes de S al suelo, principalmente debido al uso de fertilizantes concentrados que usualmente contienen bajas cantidades de S.

Otra causa importante de la pérdida de S en los suelos reside en el aumento progresivo de cultivo intensivo que aumenta el rendimiento de los cultivos, pero promueve una mayor sustracción de S del campo. Por todo esto se ha producido un aumento sin precedentes de la demanda de S (Figura 1) y todas las proyecciones indican un aumento progresivo de la producción de azufre para fertilizantes.

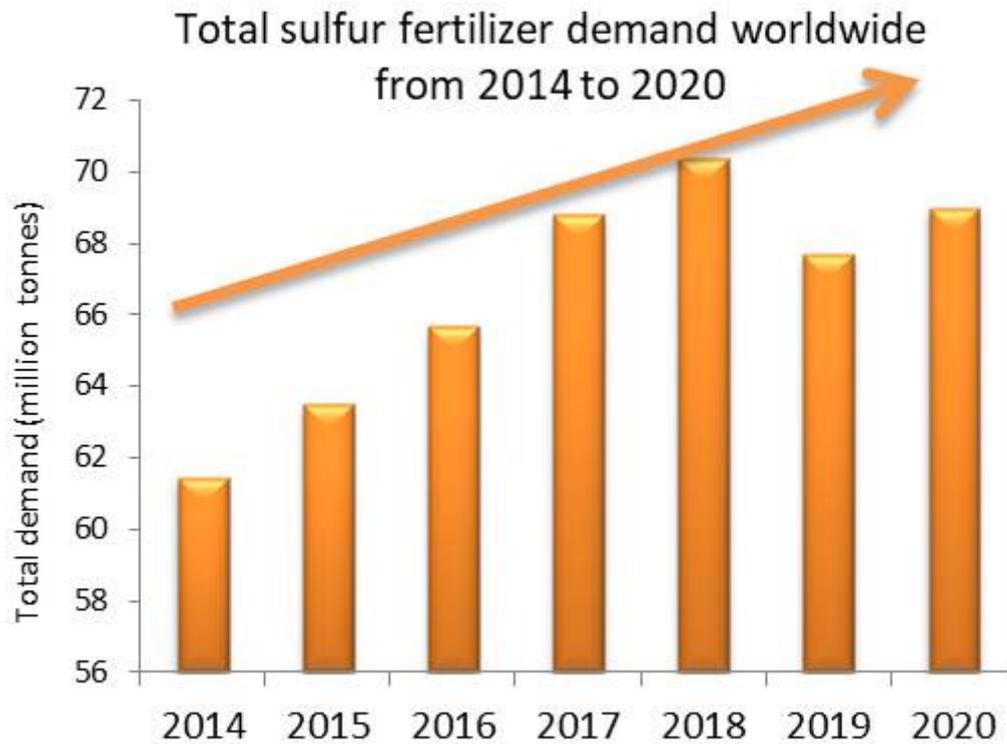


Figura 1. Demanda global de Azufre 2014-2020.

En la mayoría de las plantas, la limitación de S tiene un efecto más evidente en el crecimiento de las hojas (Figura 2) que en el crecimiento de las raíces. Un síntoma característico de la deficiencia de S es la clorosis en las hojas jóvenes, mientras que las hojas más viejas permanecen verde durante períodos más largos.

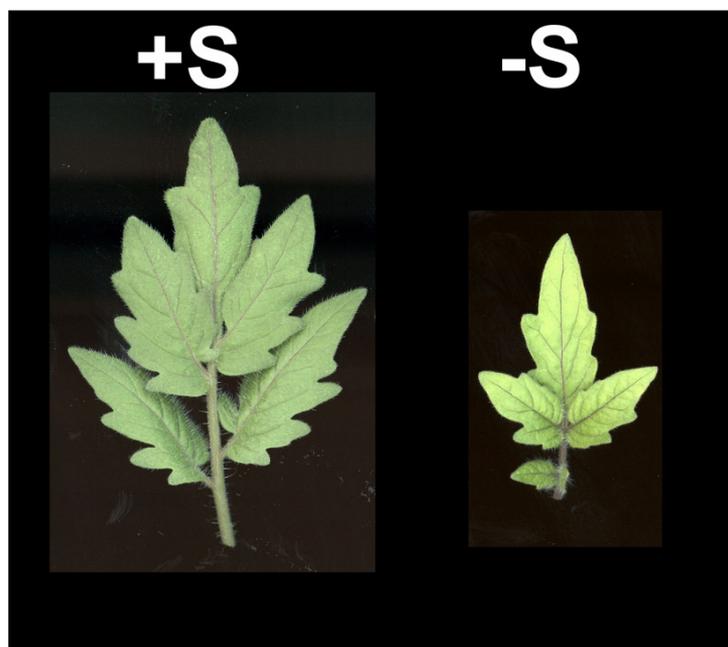


Figura 2. Efecto de la limitación de S en la morfología de hojas de tomate.

La deficiencia prolongada de S conduce a una disminución de la tasa fotosintética, reduce el contenido de clorofila y disminuye la síntesis de proteínas (Figura 3). Además, la deficiencia de S aumenta los depósitos de nitratos solubles debido al desequilibrio de

balance Nitrógeno/Azufre y reduce la asimilación de nitratos. Además, la disponibilidad de S también afecta la absorción y el metabolismo de otros nutrientes tan importantes como N, Fe, Mo y Se.

Así mismo, el S y el N son componentes importantes de las proteínas; y por tanto las plantas deben equilibrar de manera muy fina el flujo de estos dos componentes esenciales para satisfacer las necesidades de síntesis proteica neta. Así se ha observado que la limitación de S también afecta a la respuesta de los cultivos a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, y en consecuencia disminuyendo el rendimiento de los mismos (Figura 3).

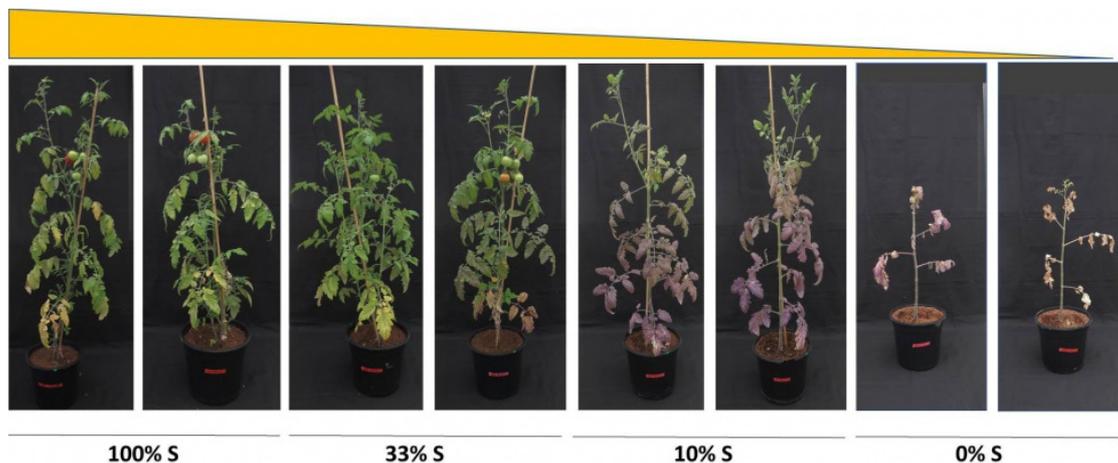


Figura 3. Síntomas típicos de la limitación de azufre en tomate.

Asimilación de sulfato y respuestas de las plantas a la disponibilidad de S

Las plantas tienen una demanda constante de S, que está promovida por la necesidad de sintetizar componentes esenciales que contienen S, tales como aminoácidos (cisteína y metionina), glutatión y metabolitos secundarios, que ayudan a mantener procesos biológicos esenciales relacionados con el crecimiento, el desarrollo y la defensa frente a los estreses. La principal fuente de S en las plantas es el anión sulfato, que es absorbido por la raíz a través de la actividad de transportadores específicos.

Diversos estudios han puesto de manifiesto que la limitación de S desencadena sistemas metabólicos reguladores, como el catabolismo de compuestos de almacenamiento S y supresión de la biosíntesis de metabolitos de S. Las plantas mantienen su crecimiento en ambientes con bajo contenido de S reorganizando por completo el metabolismo del S. En este sentido, distintas aproximaciones “ómicas” en plantas modelo como Arabidopsis han desvelado una compleja red reguladora responsable de la asimilación de sulfato en plantas que está modulada por múltiples mecanismos. Sin embargo, a pesar de estos avances recientes, los mecanismos moleculares que controlan las respuestas a limitación S en plantas sólo han comenzado a ser revelados, especialmente en cultivos de interés agronómico.

En este contexto radica la importancia de incrementar esfuerzos en investigación de la respuesta a S en cultivos de interés agronómico y aumentar la colaboración entre distintos laboratorios a nivel internacional y empresas de mejora vegetal de manera que se facilite el desarrollo de nuevas variedades más eficientes en el uso de nutrientes, así como de nuevas líneas de actividad innovadoras que involucren a diversos sectores. Como respuesta a estas demandas en enero de 2018 se lanzó una nueva iniciativa para establecer una red de investigación en azufre RINAP, con el objetivo de identificar soluciones a nivel internacional para resolver los retos causados por el uso sostenible de los fertilizantes.

Como características más importantes del proyecto se pueden indicar:

- RINAP es un proyecto financiado por la comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile y está coordinado por la Universidad Austral de Chile

(Chile). Javier Canales es el coordinador principal además de líder del grupo de investigación en nutrición de plantas de la Universidad Austral.

- El proyecto cuenta con 6 entidades participantes de distintos países. La diversidad es amplia e incluye investigadores de distintas Universidades y Centros de Investigación Sudamericanos como españoles.

- El proyecto se enfoca en el estudio de la respuesta a la limitación de S de dos cultivos de gran interés comercial como tomate y trigo, así como de la planta modelo *Arabidopsis thaliana* por su interés para análisis funcionales.

- El trabajo de la red se organiza en distintos paquetes de trabajo con diferentes objetivos y actividades que están conectados entre sí.

Paquete de Trabajo 1: Desarrollo de la red de investigación, técnicas compartidas y casos de estudio

Este paquete de trabajo está enfocado a intercambio de conocimiento científico técnico entre los distintos grupos participantes en la red para avanzar comprensión de la regulación de la asimilación de azufre en plantas centrándose en el impacto en crecimiento y producción. Así mismo, se realiza un especial énfasis en la utilización de aproximaciones “ómicas” y de biología de sistemas para alcanzar los objetivos programados. Se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Realización de programa de intercambio de investigadores a través de la realización de estancias cortas de investigación entre los distintos equipos de investigación participantes en la red para la discusión e integración de métodos y resultados obtenidos durante la ejecución de los programas.

- Diseño de un conjunto de estrategias y experimentos conjuntos para su implementación de forma coordinada en los distintos cultivos de interés.

Paquete de Trabajo 2: Comprender las bases moleculares de la respuesta a la limitación de azufre

En este paquete existen varias líneas de trabajo que tienen como objetivo generar una iniciativa de investigación conjunta para la identificación y caracterización funcional de genes clave en la respuesta a la deficiencia de sulfato en tomate y trigo (Figura 4) como especies de investigación aplicada y en *Arabidopsis thaliana* como especie modelo de estudio para el trabajo en laboratorio. Se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Desarrollo de un programa de investigación conjunto entre los distintos grupos que contempla los siguientes puntos:

1. Análisis comparativos de expresión génica de la respuesta a sulfato en diversas especies de plantas tales como *Arabidopsis*, tomate y trigo. El objetivo de estos estudios es identificar los genes y las vías metabólicas más importantes implicadas en las respuestas a limitación de S, y especialmente aquellas específicas de cada cultivo. El propósito final de estos programas de investigación es la identificación de genes candidato que puedan ser utilizados en programas de mejora avanzados, para el desarrollo de variedades más eficientes en el uso de nutrientes.

2. Caracterización de un grupo específico de genes denominados LSU (“response to Low Sulfur”) en las distintas especies de estudio, debido a su interés como posibles marcadores de estado nutricional de la planta.

3. Identificación de factores transcripcionales como potenciales reguladores de la respuesta a limitación de S en especies de interés agronómico. Para lo cual se llevan a cabo análisis bioinformáticos detallados utilizando los datos de expresión generados en el contexto del proyecto para identificar factores que potencialmente puedan regular genes marcadores como los LSU.

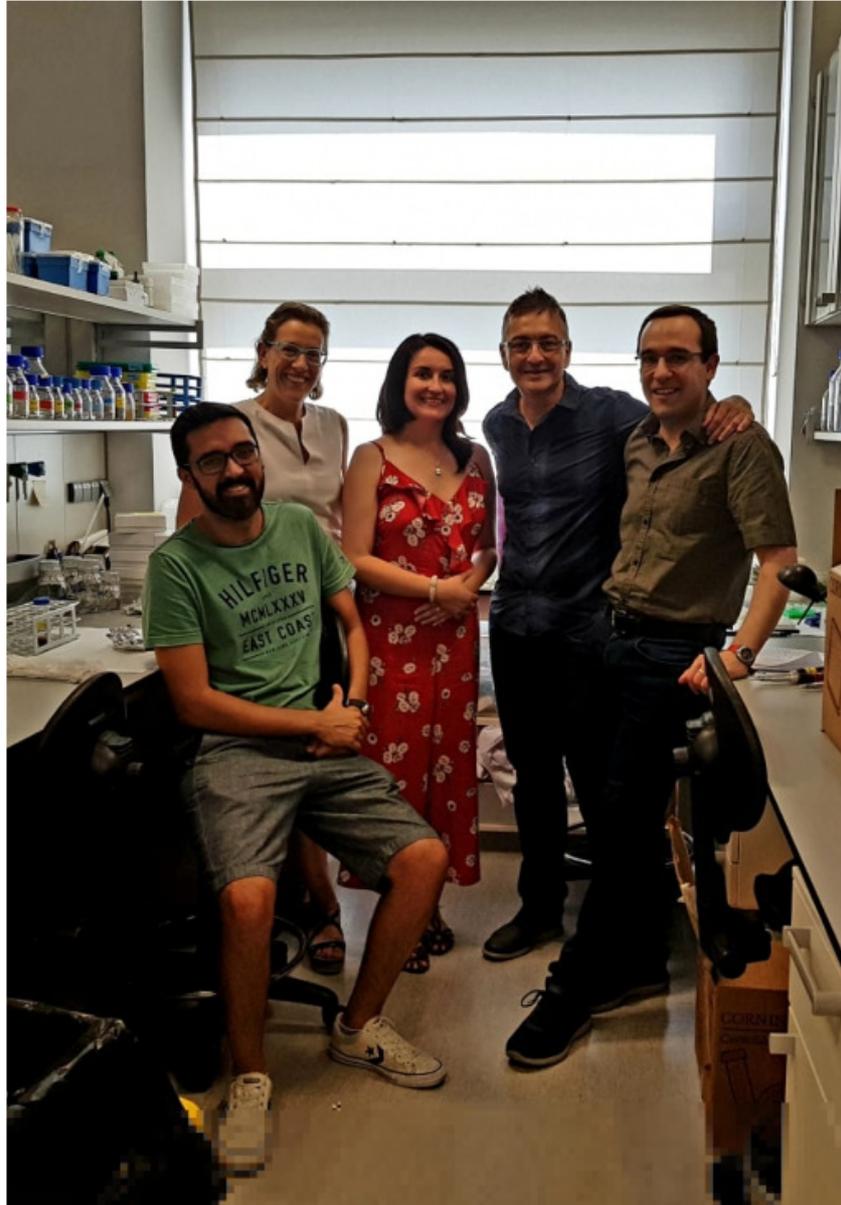


Figura 4. Ensayo de limitación de Azufre en trigo.

Paquete de Trabajo 3: Diseminación de las actividades de la Red

Este paquete tiene como objetivo sentar las bases para la articulación de un nodo internacional de cooperación en investigación y desarrollo enfocado en el estudio de la nutrición en plantas y en particular de S. Para lo cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Establecimiento de un Workshop internacional en el que se intercambien los métodos y resultados de investigación en nutrición de plantas con otros grupos. El objetivo de esta iniciativa es doble; por un lado divulgar las actividades de la red y, por otro lado, establecer nuevas colaboraciones para la red de investigación de azufre.



Equipo de la Red RINAP.

Para más información sobre el Proyecto RINAP se pueden visitar las páginas web:

<https://ngp-lab.com/2018/11/30/primera-entrada-del-blog/>

<https://ngp-lab.com/2018/12/11/visitamos-el-banco-de-germoplasma-chileno-de-papas/>

<http://sitiosciencias.uach.cl/primer-seminario-iberoamericano-de-nutricion-en-plantas-se-desarrollara-en-la-uach/>