

## Dr. Clarence Swanton

Professor Emeritus  
Department of Plant Agriculture  
University of Guelph



Mi equipo de investigación se ha enfocado en las respuestas moleculares, fisiológicas y bioquímicas de plántulas de cultivos como maíz y soja frente a malezas vecinas bajo competencia independiente de los recursos. ¿Cómo es posible que el potencial de rendimiento de un cultivo se vea alterado por la competencia temprana entre plántulas de cultivo y de malezas cuando los recursos como luz, agua, nutrientes y espacio son más que adecuados para el crecimiento de las plántulas de cultivo? Esta investigación ha llevado al descubrimiento de nuevos mecanismos de competencia vegetal. Mecanismos que se activan inicialmente mediante la **comunicación entre plantas**, es decir, la capacidad de una plántula de cultivo para detectar y responder a la presencia de plántulas de malezas vecinas. Las plántulas de cultivo pueden detectar la presencia de malezas vecinas a través de cambios en las señales lumínicas, específicamente en la relación rojo/rojo lejano.

### ¿Cómo contribuye su investigación sobre comunicación vegetal y oxígeno singlete a comprender los mecanismos de competencia entre plantas y sus impactos fisiológicos?

La producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ROS) puede generar estrés oxidativo y muerte celular, mientras que niveles bajos y regulados de ROS son esenciales para las vías de señalización. Este equilibrio entre la generación y eliminación de ROS es mantenido por el sistema de defensa antioxidante. Estudios recientes que investigaron los efectos de la calidad de la luz sobre la fotoinhibición inducida por frío revelaron una compleja interacción entre hormonas vegetales, producción de ROS y respuestas antioxidantes, destacando un mecanismo que mejora la fotoprotección bajo diferentes condiciones de luz. Nuestros hallazgos más recientes muestran un aumento en la producción de oxígeno singlete en las hojas bajo baja relación rojo/rojo lejano (R:FR), lo que ofrece una nueva perspectiva sobre cómo la calidad de la luz influye en la regulación de ROS en las plantas. Aunque el mecanismo que subyace a la acumulación de oxígeno singlete bajo baja R:FR aún no está claro, la sobreexpresión de genes sensibles a oxígeno singlete, particularmente aquellos involucrados en la supresión de la hormona defen-

siva ácido jasmónico, sugiere un cambio fisiológico que desvía la respuesta defensiva hacia la respuesta de evitar la sombra.

My research team has focussed on molecular, physiological and biochemical responses of crop seedlings such as corn and soybean to neighbouring weeds under resource - independent competition. How is it possible for the yield potential of a crop plant to be altered by early weed and crop seedling competition when resources such as light, water, nutrients and space are more than adequate for crop seedling growth? This research has led to the discovery of new mechanisms of plant competition. Mechanisms that are triggered initially by plant communication i.e., the ability of a crop seedling to detect and respond to the presence of neighbouring weed seedlings. Crop seedlings can detect the presence of neighbouring weeds through changes in light signals, specifically the Red to Far Red rate.

#### **How does your research on plant communication and singlet oxygen contribute to understanding the mechanisms of plant competition and their physiological impacts?**

Excessive production of reactive oxygen species (ROS) can lead to oxidative stress and cell death, whereas low, tightly regulated ROS levels are essential for signaling pathways. This balance between ROS generation and scavenging is maintained by the antioxidant defence system. Recent studies investigating the effects of light quality on cold-induced photoinhibition have uncovered a complex interplay between plant hormones, ROS production, and antioxidant responses highlighting a mechanism that enhances photoprotection under varying light conditions. Our recent findings show increased leaf production of singlet oxygen under low red to far-red (R:FR) light, offering new insight into how light quality influences ROS regulation in plants. Although the mechanism underlying singlet oxygen accumulation under low R:FR light remains unclear, the upregulation of singlet oxygen-responsive genes, particularly those involved in suppressing the defence hormone jasmonic acid, suggests a physiological shift away from defence responses and toward shade avoidance.

#### **¿Por qué las malezas tienen un impacto significativo en el rendimiento de los cultivos al inicio de la temporada, y por qué el agregado de más recursos no previene totalmente esta pérdida de rendimiento?**

Los mecanismos que explican la pérdida de rendimiento debido a la competencia temprana con malezas siguen siendo poco claros. En trabajos anteriores, identificamos la fotosíntesis reducida en soja como una consecuencia persistente de la presión de malezas, ofreciendo una explicación clave para la disminución del rendimiento. Más recientemente, encontramos que la baja R:FR, generada tanto en competencia interespecífica como intraespecífica, conduce a la acumulación de nitratos en las hojas de maíz y soja, incluso en condiciones con nutrientes suficientes, mientras que los niveles de amonio permanecen sin cambios en comparación con plantas control. Esta acumulación parece deberse principalmente a una reducción en la actividad de la enzima glutamato sintasa dependiente de ferredoxina (GOGAT), ya que otras enzimas involucradas en la asimilación de nitrato no se ven afectadas. Estos resultados indican que la acumulación de nitratos bajo baja R:FR es una característica distintiva de la respuesta de evitar la sombra. Dado que los niveles de nitrato en la parte aérea pueden influir en cómo se asigna la biomasa entre raíces y brotes, el aumento observado de nitratos en las hojas puede actuar como una señal que contribuye a las menores relaciones raíz/brote típicamente observadas en cultivos que enfrentan competencia temprana de malezas, cuando las plántulas son especialmente sensibles a las señales de baja R:FR. Además, bajo estas condiciones de competencia, la adición de nutrientes como nitrato puede agravar aún más esta acumulación.

#### **Why do weeds have a significant impact on crop yield early in the season, and why might the addition of more resources not fully prevent this yield loss?**

The mechanisms underlying yield loss due to early-season weed competition remain largely unclear. In previous work, we identified impaired photosynthesis in soybean as a lasting consequence of weed pressure, offering a key explanation for yield reduction. More recently, we found that low red to far-red (R:FR) light, generated during both inter-specific and intra-specific competition, leads to nitrate accumulation in the leaves of maize and soybean, even

under nutrient-sufficient conditions, while ammonium levels remain unchanged compared to control plants. This accumulation appears to result primarily from reduced activity of the ferredoxindependent glutamate synthase (GOGAT) enzyme, as other enzymes involved in nitrate assimilation are not affected. These results indicate that nitrate buildup under low R:FR light is a hallmark of the shade avoidance response. Given that nitrate levels in the shoot can influence how biomass is allocated between roots and shoots, the observed increase in leaf nitrate may act as a signal contributing to the reduced root-to-shoot ratios typically seen in crops facing early weed competition, when seedlings are especially sensitive to low R:FR cues. Moreover, under such competitive conditions, the addition of nutrients like nitrate may further exacerbate this accumulation.

### ¿Cómo puede el estudio de genes como ST2b (un gen vegetal que codifica una enzima sulfotransferasa) y los efectos tempranos de las malezas en el desarrollo de los cultivos guiar mejoras en la tolerancia a malezas?

Las condiciones de baja R:FR activan vías hormonales que promueven el crecimiento al mismo tiempo que suprimen las respuestas defensivas mediadas por ácido jasmónico (JA). Esta supresión se debe en parte a la sulfotransferasa ST2a, que inactiva el JA bioactivo catalizando su conversión a una forma inactiva. En nuestro trabajo reciente, observamos una mayor expresión tanto de ST2a como de su homólogo estrechamente relacionado, ST2b, bajo condiciones de baja R:FR. Si bien la mayor expresión de ST2b sugiere que podría tener un papel bajo estas condiciones lumínicas, predecir la función de una sulfotransferasa vegetal únicamente a partir de la similitud de secuencia sigue siendo poco fiable. Hasta la fecha, no hay evidencia de que ST2b inactive JA en respuesta a baja R:FR. No obstante, ST2b parece formar parte de la red regulatoria más amplia implicada en el síndrome temprano de evitar la sombra (SAS), aunque su función específica sigue siendo desconocida. Investigar las respuestas de plantas mutantes sin ST2b bajo competencia con malezas podría ayudar a aclarar su rol y proporcionar información valiosa sobre la complejidad de la señalización temprana del SAS.

### How can studying genes like ST2b (a plant gene encoding a sulfotransferase enzyme) and early weed effects on crop development help guide improvements in weed tolerance?

Low red to far-red (R:FR) light conditions activate growth-promoting hormonal pathways while suppressing defence responses mediated by jasmonic acid (JA). This suppression is partly driven by the sulfotransferase ST2a, which inactivates bioactive JA by catalyzing its conversion to an inactive form. In our recent work, we observed increased expression of both ST2a and its closely related homolog, ST2b, under low R:FR conditions. While the elevated expression of ST2b suggests it may have a role in these light conditions, predicting the function of a plant sulfotransferase based solely on sequence similarity remains unreliable. To date, there is no evidence that ST2b inactivates JA in response to low R:FR light. Nonetheless, ST2b appears to be part of the broader regulatory network involved in the early shade avoidance syndrome (SAS), although its specific function remains unknown. Investigating the responses of ST2b knockout plants under weed competition could help clarify its role and provide valuable insight into the complexity of early SAS signaling.

### ¿Qué tipos de interacciones cultivo-maleza deberían ser objeto de atención o limitarse para mejorar el desempeño y el rendimiento de los cultivos?

Nuestros hallazgos sobre cómo la baja R:FR afecta la asimilación de nitratos pueden servir como un **indicador temprano de acumulación de nitratos** en cultivos principales como maíz y soja durante las etapas iniciales de la competencia. Esto sugiere que incluso en ambientes ricos en nitratos, la percepción de señales de baja R:FR provenientes de malezas vecinas podría desencadenar la acumulación de nitratos en hojas, lo que potencialmente llevaría a una limitación funcional de nitrato. Tal limitación podría afectar negativamente el metabolismo, crecimiento y desarrollo del cultivo. Esta perspectiva ofrece un ángulo novedoso sobre el concepto empírico del Período Crítico de Control de Malezas. Si bien nuestros resultados capturan una ventana de desarrollo específica, cuando las plántulas son altamente sensibles a las señales de

baja R:FR, resaltan la necesidad de más investigaciones para determinar cuánto tiempo persiste la acumulación de nitratos y qué tan rápido pueden recuperarse las plantas una vez que la competencia es eliminada en condiciones de campo.

**What types of crop-weed interactions should be targeted or limited to enhance crop performance and yield?**

Our findings on how low red to far-red (R:FR) light affects nitrate assimilation may serve as an early indicator of nitrate accumulation in major crops like maize and soybean during the initial stages of competition. This suggests that even in nitrate-rich environments, the perception of low R:FR signals from neighboring weeds could trigger nitrate buildup in leaves, potentially leading to functional nitrate limitation. Such a limitation could negatively affect crop metabolism, growth, and development. This perspective offers a novel angle on the empirical concept of the Critical Period for Weed Control. While our results capture a specific developmental window, when seedlings are highly responsive to low R:FR cues, they underscore the need for further research to determine how long nitrate accumulation persists and how rapidly plants can recover once competition is removed under field conditions.

---