



Capítulo 5

Tolerancia a frío de la variedad de arroz Digua Cl

Gabriel Donoso Ñ.

Mario Paredes C.

Viviana Becerra V.

El arroz es un cultivo de origen tropical que requiere temperaturas superiores a otros cultivos para su correcto desarrollo (Hatfield y Prueger, 2015). Cuando las temperaturas están bajo el óptimo necesario para el desarrollo de esta planta, el cultivo puede presentar considerables disminuciones en los rendimientos en grano.

A nivel mundial se ha reportado reducción en los rendimientos debido a bajas temperaturas de hasta 26% en Corea (Lee, 2001), 44% a 80% en Japón (Shimono *et al.*, 2007) y 60% en Brasil. Este fenómeno puede generar pérdidas económicas de hasta US\$23 millones en países como Australia (Farrell *et al.*, 2001). En nuestro caso, Chile es el país más austral del mundo donde se cultiva arroz (Donoso *et al.*, 2016), con gran cantidad de eventos climáticos asociados a temperaturas que están bajo el umbral necesario para el desarrollo de una planta de arroz. Internacionalmente, Chile ha sido clasificado dentro de los países en donde se cultiva el arroz con temperaturas que están bajo el óptimo para la especie (IRRI, 1983).

En la Figura 5.1., se muestran los promedios de temperaturas mínimas de 40 años, en el sector más austral de la zona arrocería de Chile. Las temperaturas mínimas promedio están bajo las temperaturas críticas definidas para este cultivo, principalmente desde el inicio de macolla en adelante. Los principales efectos de las bajas temperaturas en el cultivo del arroz son: disminución del crecimiento del coleoptilo durante la germinación (Da Cruz *et al.*, 2006; Donoso *et al.*, 2013), crecimiento poco uniforme de las plantas y clorosis foliar en la etapa de plántula (Da Cruz *et al.*, 2006; Donoso *et al.*, 2015) y esterilidad floral

durante la etapa reproductiva (Da Cruz *et al.*, 2013; Shimono *et al.*, 2007) lo que incrementa el fenómeno de vanazón en el cultivo. La etapa reproductiva es la más sensible a las bajas temperaturas, donde temperaturas promedio bajo 18°C, pueden causar esterilidad floral sobre un 70%, lo cual produce pérdidas económicas (Alvarado, 2007). Estas pérdidas económicas están asociadas a los costos de producción y pueden ascender a los 1.2 millones de pesos por hectárea (ODEPA, 2015).

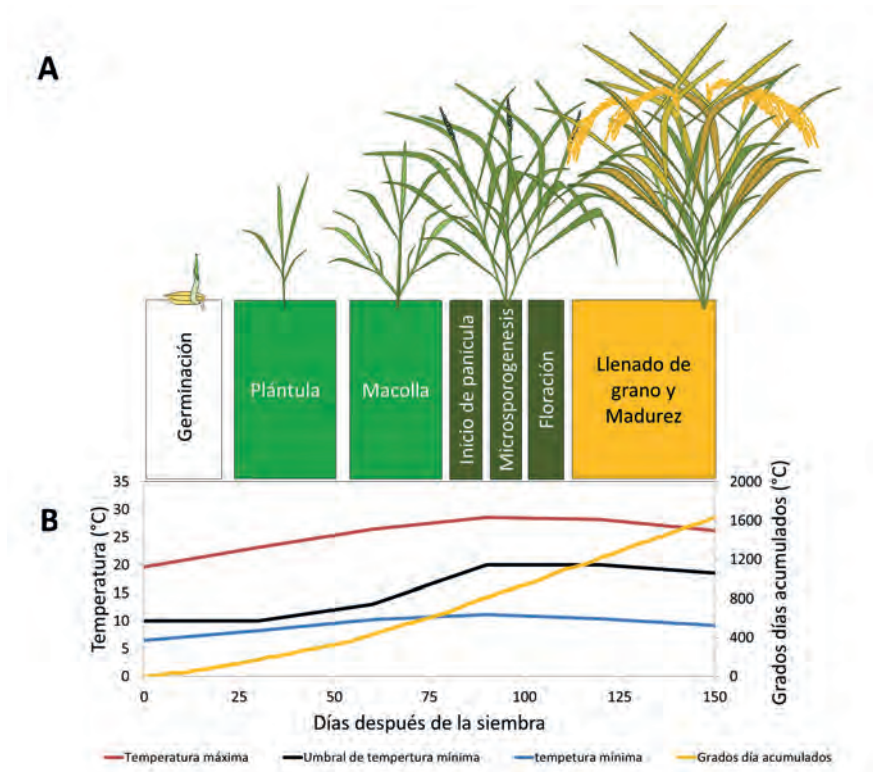


Figura 5.1. Fenología del arroz y temperaturas presentes en el sector arrocero de Chile. (A) diferentes etapas fenológicas del cultivo del arroz en Chile y (B) temperaturas mínimas, y máximas registradas durante 40 años, temperatura mínima óptima descrita en la literatura para el cultivo de la especie y tiempo térmico expresado como en acumulación de grados-día (base 10°C) (datos obtenidos de estación meteorológica de la Universidad de Concepción, sede Chillán).



Tolerancia al frío de la variedad Digua Cl

Debido a que las nuevas variedades de arroz que se generan para nuestro país deben contar con niveles de tolerancia a bajas temperatura, al estado de germinación, plántula y estado reproductivo. La nueva variedad de arroz Digua Cl fue evaluada respecto a su tolerancia al frío en las tres etapas críticas, en condiciones de laboratorio.

Etapas de Germinación

Se evaluó la capacidad de germinar la semilla a 12°C constante durante 20 días en una incubadora. Para ello, se utilizó como testigo la variedad Zafiro-INIA, la línea experimental tolerante al frío, Quila 66304 y la variedad susceptible al frío, Oryzica 1. Se consideró como tolerantes al frío los genotipos con una germinación superior a 60%. Los resultados mostraron que, tanto la variedad Zafiro-INIA como la nueva variedad Digua Cl, pueden ser consideradas como tolerantes al frío, basado en la elongación del coleoptilo (Foto 5.1. y Cuadro 5.1.). Esto se ve reflejado en que el genotipo tolerante al frío, Quila 66304 y las variedades estudiadas, tuvieron un porcentaje de germinación superior al 90%, a diferencia de la variedad susceptible Oryzica 1 que no logró germinar en el tiempo establecido.

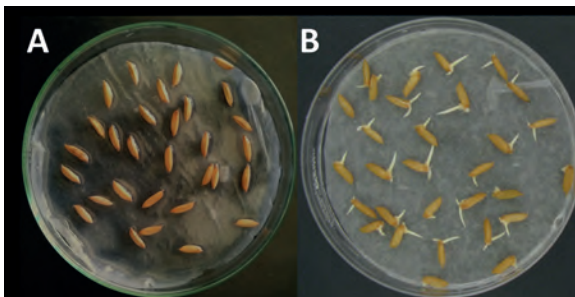


Foto 5.1. Germinación en condiciones de bajas temperaturas de la variedad de arroz Digua Cl. (A) variedad sensible a frío Oryzica 1 y (B) nueva variedad Digua Cl. Tratamiento de 12°C por 20 días.

Etapa de Plántula

Para la evaluación de la tolerancia al frío en la etapa de plántula de la variedad Digua Cl se utilizaron plántulas de tres a cuatro hojas, las que se sometieron a 5° C durante la noche (12 h), en una cámara bioclimática, por cuatro días seguidos. Durante el día las plantas fueron iluminadas con iluminación LED (Valoya B200), con 300 mmoles de fotones · m⁻² · seg⁻¹ y a 25° C. La recuperación de las plantas se realizó a 21 °C noche / 25 °C día por 7 días y posteriormente se evaluaron los niveles de clorofila mediante clorofilómetro (AtLEAF), el cual se relaciona con el color verde de la hoja. El testigo tolerante fue la variedad Zafiro INIA y el testigo sensible al frío fue la variedad Oryzica 1. Los resultados obtenidos mostraron que la variedad susceptible no sobrevivió el tratamiento y presentó una importante disminución del contenido de clorofila al momento de la evaluación (Foto 5.2. y Cuadro 5.1.). En cambio, la variedad Digua Cl no mostró una disminución importante en sus niveles de clorofila al ser comparado con el control sin frío y con la variedad Zafiro INIA.

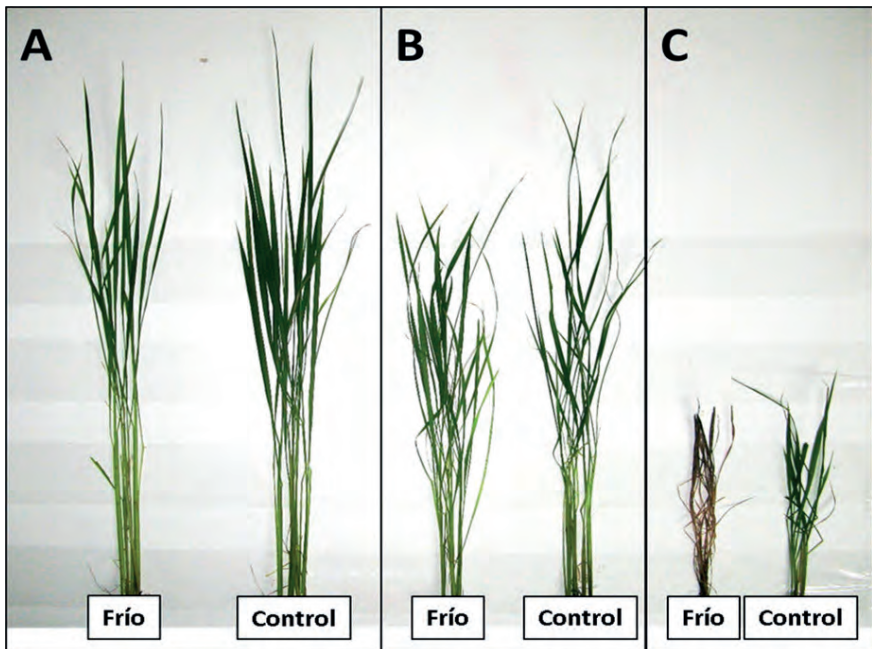


Foto 5.2. Efecto del tratamiento de frío en el desarrollo de las plántulas de arroz. (A) Digua Cl, (B) Zafiro-INIA (testigo comercial) y (C) Oryzica 1 (susceptible al frío). Las plantas tratadas con bajas temperaturas están a la izquierda dentro de cada variedad.



Reproductiva

La evaluación de la tolerancia en la etapa reproductiva de la variedad Digua Cl, se realizó utilizando Zafiro-INIA (testigo comercial), PT 11 (testigo susceptible) y PT 12 (testigo tolerante) en maceteros plásticos de 10 L con suelo arrocero (Vertisol), en casa de malla con un 36 % de reducción de luz. Las plantas fueron crecidas en estas condiciones hasta el estado reproductivo (microsporogénesis). El tratamiento consistió en someter plantas de arroz en la etapa de microspora temprana, a temperaturas de 25°C día/ 5°C noche, por cinco días seguidos, con un fotoperiodo de 16 horas (luz LED, Valoya AP67). Esto fue realizado en una Cámara Bioclimática, con monitorización y control automatizado de la temperatura y el fotoperiodo. La evaluación consistió en la medición de la esterilidad floral. La nueva variedad de arroz Digua Cl al igual que Zafiro-INIA, lograron producir grano en estas condiciones. Sin embargo, mostraron niveles de tolerancia al frío inferior al testigo tolerante, PT 12 (Cuadro 5.1). En la fotografía se muestra el efecto del tratamiento de bajas temperaturas que se relaciona con un retardo en la fenología lo cual se observa como una planta más verde en el tratamiento respecto al control la cual tiene una coloración más amarillenta, debido al proceso de madurez más avanzado (Foto 5. 3.). Además, se observa que las panículas de la planta control tienden a caer por el peso de los granos a diferencia de las panículas del tratamiento, que debido a la menor presencia de granos posee panículas más erectas. Otro fenómeno observado después del tratamiento fue la aparición de esterilidad apical producto de aborto pre-floral (Foto 5.4.). Esto fue observado tanto en Zafiro-INIA como en la variedad Digua Cl, con un 20% de flores afectadas por panícula aproximadamente.

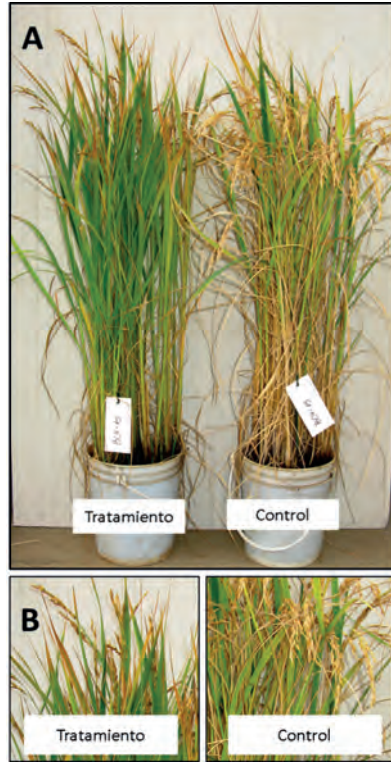


Foto 5.3. Efecto del tratamiento de bajas temperaturas en la nueva Variedad Digua Cl. (A) planta completa y (B) vista en detalle de las panículas.



Foto 5.4. Esterilidad apical, fenómeno observado con mayor intensidad en la línea experimental ZCL-RC4-1.



A continuación se presentan un resumen con los principales resultados obtenidos en las evaluaciones de tolerancia a frío, en condiciones controladas de la variedad Digua Cl en comparación con testigos tolerantes y susceptibles en los diferentes estados de desarrollo de la planta (Cuadro 5.1.).

Cuadro 5.1. Principales resultados de la evaluación de la tolerancia al frío de la variedad Digua Cl.

Genotipos		Etapa de desarrollo		
		Germinación	Plántula	Reproductiva
		Germinación (%)	Clorofila (%)*	Esterilidad Floral (%)
Digua Cl		98 a	98 a	80 b
Zafiro-INIA	Testigo Comercial	97 a	98 a	90 b
Quila 66304	Tolerante	95 a	-	-
Susan	Tolerante	-	100 a	-
PT 12	Tolerante	-	-	72 a
Oryzica 1	Susceptible	0 b	48 b	-
PT 11	Susceptible	-	-	98 c

Letras diferentes corresponden a diferencias significativas por etapa de desarrollo (LSD Fisher; $P < 0.05$). (*) En el caso de la medición de clorofila foliar, se refiere respecto al control sin tratamiento.

Conclusiones

Los resultados permiten indicar que Digua Cl posee una tolerancia al frío similar a Zafiro-INIA. Por esta razón, se espera un buen establecimiento en condiciones de campo de la nueva variedad de arroz. Por ello, se sugiere considerar las fechas de siembra y manejo de lámina de agua de manera similar a Zafiro-INIA.