

Introducción

Estudios sobre el cambio climático demuestran que el aumento de las temperaturas nocturnas es más rápido y constante que el aumento de temperaturas diurnas, este fenómeno tiene tendencia a aumentar en el futuro (Davy *et al.*, 2017). Para garantizar suplir las necesidades futuras a nivel mundial de arroz, la producción anual debe duplicarse para 2050 (Ray *et al.*, 2013). Por lo anterior, se hace necesario producir innovaciones para mitigar el impacto del cambio climático en los cultivos de arroz. Una de ellas consiste en desarrollar nuevas variedades de cultivo mejor adaptadas al cambio climático. Se ha reportado que las altas temperaturas nocturnas en la fase reproductiva provocan pérdidas en el rendimiento y calidad de grano en arroz (Dhatt *et al.*, 2019).

El objetivo de la investigación es la búsqueda de nuevo germoplasma tolerante a altas temperaturas nocturnas y la evaluación de líneas locales (Colombia).

Metodología

Las líneas evaluadas fueron seleccionadas por sus características promisorias (Ver tabla 1). Las líneas se evaluaron en condiciones controladas dentro de la cámara de crecimiento (CMP6050, CONVIRON), ubicada en CIAT, Palmira. Primero se realizó una evaluación bajo condiciones óptimas con temperaturas de 28°C día y 22°C noche, humedad del 75% y radiación 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ día (Fig. 1.A). En una segunda evaluación las condiciones óptimas se mantuvieron hasta la fase de inicio de primordio (I.P), a partir de esta fase, se realizó un cambio en la temperatura nocturna subiendo de 22°C a 29°C, la humedad y radiación se mantuvieron iguales (Fig. 1.B). Estas condiciones se llevaron hasta el final del ciclo del cultivo (Fig. 2). Se colectaron muestras de tejido de cada una de las líneas con el fin de determinar el alelo del gen *OgTT1*. En maduración se evaluó peso de granos llenos y vanos, longitud de panícula, número de granos totales por panícula y esterilidad.

Tabla 1. Líneas evaluadas en Cámara de Crecimiento

Líneas	Especie	Tolerancia al estrés esperada	País de origen	Referencias
MG12	<i>O. glaberrima</i>	Adaptación a altas temperaturas.	Oeste africano	Li <i>et al.</i> , 2015
CG14	<i>O. glaberrima</i>	Adaptación a altas temperaturas.	Senegal	Li <i>et al.</i> , 2015
N22	<i>O. sativa</i>	Tolerancia a alta temperatura.	India	Prasad <i>et al.</i> , 2006 & Jagadish <i>et al.</i> , 2010
IR64	<i>O. sativa</i>	Tolerancia moderada a alta temperatura.	Filipinas	Jagadish <i>et al.</i> , 2010 & Rang <i>et al.</i> , 2011
FED 67	<i>O. sativa</i>	Línea comercial	Colombia	Línea comercial de FEDEARROZ
SUDUWEE	<i>O. sativa</i>	Tolerante a alta temperatura.	Sri Lanka	Estudios anteriores
NORUNKAN	<i>O. sativa</i>	Tolerante a alta temperatura y baja radiación	Sri Lanka	Estudios anteriores
MG2	<i>O. sativa</i>	Alto potencial de rendimiento.	Brasil	Estudios anteriores
UPLRI7	<i>O. sativa</i>	Alto potencial de rendimiento.	Filipinas	Estudios anteriores
NAM SA GUI 19	<i>O. sativa</i>	Sensible a baja radiación.	Tailandia	Estudios anteriores

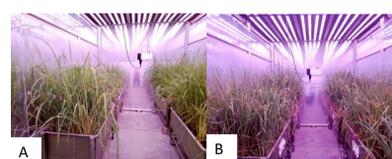


Figura 1. Ensayo dentro de la cámara de crecimiento. A) Ensayo en condiciones óptimas. B) Ensayo en condiciones de estrés.

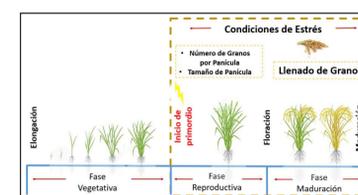


Figura 2. Fases de Crecimiento del cultivo de arroz y los procesos fisiológicos afectados a partir de las condiciones de estrés.

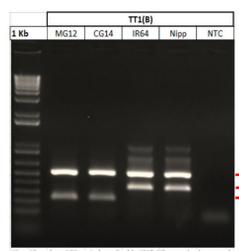


Figura 3. Gel de PCR donde se observa una banda a 349 pb, indicando el Alelo G (*O. sativa*) y una banda a 240 pb, indicando el Alelo A (*O. glaberrima*).

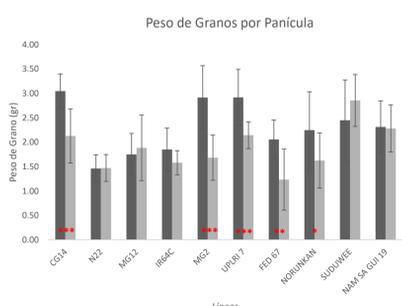


Figura 4. Grafico de barras donde se observa la diferencia entre la variable de peso de grano lleno por panícula en los tratamientos control y de estrés.

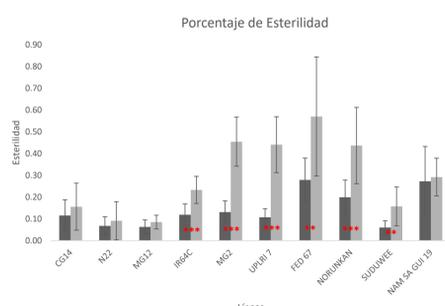


Figura 5. Grafico de barras donde se observa la diferencia entre la variable de esterilidad en los tratamientos control y de estrés.

Resultados

- La presencia del gen *OgTT1* solo se observó en las especies silvestres de *O. glaberrima* (MG12 y CG14), estas presentaron el alelo A, las demás plantas evaluadas presentaron el alelo G (Fig. 3). Esto demuestra, lo planteado por Li *et al.*, 2015 donde el alelo A es exclusivo para la especie *glaberrima*.
- El peso de grano por panícula, fue afectado significativamente ($P < 0.001$) por las altas temperaturas nocturnas. N22, MG12, IR64, SUDUWEE y NAM SA GUI 19 no presentaron una reducción de peso de grano por panícula significativa. CG14, MG2, UPLRI7, FED67 y NORUNKAN, presentaron una reducción de peso de grano por panícula significativa entre 30 y 45% (Fig. 4).
- El porcentaje de esterilidad fue el que más se afectó por las altas temperaturas nocturnas. CG14, N22, MG12 Y NAM SA GUI 19 no mostraron un aumento significativo de la esterilidad bajo estrés, mientras que FED67, MG2 y UPLRI7 presentaron un aumento de esterilidad del 50% (Fig. 5).

Conclusiones

Se validó la tolerancia a altas temperaturas nocturnas de variedades provenientes de *O. glaberrima* con el gen TT1 (Alelo A), a las demás líneas estudiadas *O. sativa*, no se les encontró el alelo favorable. La línea SUDUWEE que había mostrado tolerancia a altas temperaturas en campo, mostro tolerancia en las condiciones controladas de la cámara de crecimiento. Se confirma la tolerancia de N22 a altas temperaturas nocturnas, reportada por Jagadish *et al.*, 2010. FED 67 línea lanzada en 2013, con alto potencial y estabilidad de rendimiento mostro la mayor susceptibilidad a las altas temperaturas. La adaptación de MG12 a alta temperatura nocturna desde inicio de primordio hasta cosecha, probablemente se deba a la capacidad de mantener en condiciones de estrés, el peso de grano lleno y no aumentar el porcentaje de esterilidad. Por el contrario CG14 en condiciones de estrés reduce el peso y el número de granos llenos. Sin embargo, no presento diferencia significativa en el número de granos vanos.

Referencias

- Coast, O., Ellis, R. H., Murdoch, A. J., Quiñones, C., & Jagadish, K. S. V. (2015). High night temperature induces contrasting responses for spikelet fertility, spikelet tissue temperature, flowering characteristics and grain quality in rice. *Functional Plant Biology*, 42(2), 149-161. <https://doi.org/10.1071/FP14104>
- Davy, R., Esau, I., Chernokulsky, A., Outten, S., & Zilitinkevich, S. (2017). Diurnal asymmetry to the observed global warming. *International Journal of Climatology*, 37(1), 79-93. <https://doi.org/10.1002/joc.4688>
- Dhatt, B. K., Abshire, N., Paul, P., Hasanthika, K., Sandhu, J., Zhang, Q., Obata, T., & Walla, H. (2019). Metabolic Dynamics of Developing Rice Seeds Under High Night-Time Temperature Stress. *Frontiers in Plant Science*, 10(November), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01443>
- Jagadish, S. V. K., Raveendran, M., Oane, R., Wheeler, T. R., Heuer, S., Bennett, J., & Craufurd, P. Q. (2010). Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 61(1), 143-156. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp289>
- Li, X. M., Chao, D. Y., Wu, Y., Huang, X., Chen, K., Cui, L. G., Su, L., Ye, W. W., Chen, H., Chen, H. C., Dong, N. Q., Guo, T., Shi, M., Feng, Q., Zhang, P., Han, B., Shan, J. X., Gao, J. P., & Lin, H. X. (2015). Natural alleles of a proteasome $\alpha 2$ subunit gene contribute to thermotolerance and adaptation of African rice. *Nature Genetics*, 47(7), 827-833. <https://doi.org/10.1038/ng.3305>
- Prasad, P. V. V., Boote, K. J., Allen, L. H., Sheehy, J. E., & Thomas, J. M. G. (2006). Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress. *Field Crops Research*, 95(2-3), 398-411. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.04.008>
- Rang, Z. W., Jagadish, S. V. K., Zhou, Q. M., Craufurd, P. Q., & Heuer, S. (2011). Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. *Environmental and Experimental Botany*, 70(1), 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.08.009>
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
- Zhang, Y., Tang, Q., Peng, S., Zou, Y., Chen, S., Shi, W., Qin, J., & Laza, M. R. C. (2013). Effects of high night temperature on yield and agronomic traits of irrigated rice under field chamber system condition. *Australian Journal of Crop Science*, 7(1), 7-13.