

**Afectación de granos llenos por panícula en *Oryza sativa* L. cultivar Reforma, por altas temperaturas (Original)**

**Affectation of full grains per panicle in *Oryza sativa* L. variety Reforma, by high temperatures (Original)**

Beatriz González Rosales. Ingeniera Agrónoma. Especialista en Meteorología. Centro Meteorológico Provincial Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

[beatriz.gonzalez@grm.insmet.cu](mailto:beatriz.gonzalez@grm.insmet.cu) 

Sandra Leonela López Álvarez. Ingeniera Agrónoma. Doctora en Ciencias Agropecuarias. Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Bayamo.

Granma. Cuba. [sandra@udg.co.cu](mailto:sandra@udg.co.cu) 

Guillermo Bello Rodríguez. Licenciado en Educación. Doctor en Ciencias Pedagógicas.

Profesor Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. [gbellor@udg.co.cu](mailto:gbellor@udg.co.cu) 

Amarilis Beatriz Diéguez Sigarreta. Licenciada en Biología. Especialista en Meteorología.

Centro Meteorológico Provincial Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

[beatriz.dieguez@grm.insmet.cu](mailto:beatriz.dieguez@grm.insmet.cu) 

Recibido: 28-02-2023/ Aceptado: 01-07-2023

### **Resumen**

Los esfuerzos futuros en el cultivo del arroz deben apuntar a producir variedades ampliamente tolerantes a las altas temperaturas. En el artículo se muestran los resultados de una investigación desarrollada en condiciones controladas en el Laboratorio de Ensayo de Semillas de la Planta de Beneficio Manuel Espinosa Ramírez de la Unidad Empresarial de Base Semillas Granma, con la finalidad de evaluar el número de granos llenos por panícula en condiciones controladas en el cultivar Reforma, por altas temperaturas. Se seleccionaron plantas de arroz a los 10 días de

germinadas de acuerdo a la uniformidad del número de hojas fotosintéticamente activas y la longitud de la plántula. En el inicio de la antesis se colocaron en una cámara para ensayos de crecimiento tres macetas con plantas de arroz con una humedad relativa de 70 % y diferentes niveles de temperatura que comenzaron a 35 °C y se incrementaron cada 0.5 °C hasta llegar a 39.5 °C. Para el tratamiento control la temperatura se mantuvo a 32.3 °C. Se determinó el porcentaje de afectación de los granos llenos por panículas con relación al control. Se evidenció que a partir de 35.0 °C comienza a disminuir la cantidad de granos llenos por panícula -1 y alcanzar afectaciones de más del 20 % a temperaturas por encima de 39.0 °C.

**Palabras clave:** arroz; condiciones controladas; cultivar reforma; temperaturas

### **Abstract**

Future efforts in rice cultivation should aim to produce varieties that are widely tolerant of high temperatures. The article show the results of the experiment was implemented under controlled conditions in the Seed Testing Laboratory of the Manuel Espinosa Ramírez Processing Plant of the Granma Seed Base Business Unit, in order to evaluate the number of filled grains per panicle under controlled conditions in the Reforma cultivar. Due to high temperatures. Rice plants 10 days after germination were selected according to the uniformity of the number of photosynthetically active leaves and the length of the seedling. At the beginning of the anthesis, three pots with rice plants were placed in a chamber for growth tests with a relative humidity of 70 % and different temperature levels that began at 35 °C and increased every 0.5 °C until reaching 39.5°C. For the control treatment, the temperature was maintained at 32.3 °C. The percentage of affected grains filled by panicles will be decreased in relation to the control. It is evident that from 35.0 oC the number of filled grains per panicle -1 begins to decrease and reaches affectations of more than 20 % at temperatures above 39.0 °C.

**Keywords:** rice; controlled conditions; cultivate reformation; temperatures

## **Introducción**

El arroz (*Oryza sativa*, Lin.) es una gramínea que tiene origen en la edad media en el continente asiático, concretamente hacia el sur de China y cultivada desde hace 7 000 años, posee una alta demanda de producción después del trigo y un 20% de su demanda por sus calorías (Mendoza et al., 2019; Nettleton et al., 2019). Es el cuarto cultivo más producido en el mundo, con un 7% del comercio mundial de granos, luego de la soja (*Glycine max* L. Merr) (31%), del trigo (*Triticum* L.) (18%) y del maíz (*Zea mays* L.) (12%); los principales productores de arroz a nivel mundial son China con 206 millones de toneladas anuales, seguida por India con 153 millones de toneladas y Brasil que es el principal productor de América del Sur y aporta el 1.5 % a la producción mundial de arroz (Sistema de Información Simplificado Agrícola, 2022).

Debido a los altos niveles de producciones de arroz y de importación, en Cuba el consumo per cápita de este cereal asciende a 80.38 Kg/persona/año. El cultivo de campo refleja el entorno real de la agricultura a gran escala, con luz y temperatura naturales, y por tanto, está directamente influenciado por los cambios en el clima; por otra parte el cultivo de laboratorio en cámaras de crecimiento permiten controlar las condiciones climáticas durante el estudio de las plantas (Del Valle et al., 2022).

El clima es uno de los factores más importantes que afectan la productividad agrícola, las pérdidas de rendimiento en el arroz podrían estar entre el 10 y el 15%; las áreas tropicales y subtropicales, corren un mayor riesgo, debido a que las temperaturas más altas predominan en estas áreas y los cultivos están expuestos a límites más cálidos; los precios del arroz aumentarán entre un 32% y un 37% para 2050 debido al cambio climático, según el Informe de Cambio

Climático: impactos en la agricultura y costos de adaptación del Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias (IFPRI) (Kingra et al., 2019).

Los factores ambientales en cámaras de crecimiento como la intensidad de la luz y la duración del fotoperiodo pueden ajustarse durante todo el año utilizando emisores de luz, también se puede modificar la temperatura y la humedad por lo que las cámaras de crecimiento son muy convenientes para el estudio del fenotipo en plantas bajo estrés abiótico (por ejemplo altas temperaturas), aunque el tamaño de la muestra sea pequeño en comparación con el de fenotipo basado en campo (Numajiri et al., 2021).

Para lograr una mayor optimización de los cultivos agrícolas y comprender el comportamiento de las plantas en entornos naturales, es esencial conocer las respuestas de las plantas a los entornos de campo fluctuantes. Numerosos estudios realizados por Oda et al. (2008), Hu et al. (2021) y Hashida et al. (2022) en cámaras de crecimiento e invernaderos, han facilitado la comprensión de las respuestas de las plantas a los estímulos inducidos de temperatura y humedad relativa.

La finalidad de esta investigación fue evaluar la afectación del número de granos llenos por panícula bajo condiciones controladas en arroz (*Oryza sativa*, L.) cultivar Reforma por altas temperaturas.

## **Materiales y métodos**

El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Ensayo de Semillas de la Planta de Beneficio Manuel Espinosa Ramírez de la Unidad Empresarial de Base Semillas Granma perteneciente al Ministerio de la Agricultura en Granma, en el año 2021. Plantas de arroz cultivar Reforma, con 10 días de germinación fueron seleccionadas aproximadamente de igual uniformidad, respecto al número de hojas fotosintéticamente activas y

la longitud de la plántula a esa edad; se trasplantaron a envases plásticos con capacidad para 2.5 Kg con una mezcla de 50.0 % de suelo y 50.0 % de estiércol vacuno descompuesto. Los potes fueron puestos al Sol y dos veces por semana se les aplicó agua.

Cuando las plantas llegaron al inicio de la etapa de antesis fueron colocadas en una cámara para ensayos de crecimiento marca Equitec de fabricación española con una humedad relativa del 70.0 %. Tres potes o macetas con las plantas de arroz fueron colocados dentro de la cámara de crecimiento en rangos de temperatura desde los 35.0 °C, con incrementos de 0.5 °C, hasta los 39.5 °C por una sola vez en el horario de 11:00 am hasta las 12:00 pm.

Al final del ciclo vegetativo se cosecharon las espigas y por conteo se determinó la cantidad de granos llenos por panícula. Durante el tiempo que duró la aplicación de las temperaturas, la temperatura de las tres macetas del tratamiento control se mantuvo a 32.3 °C, valor que se presenta con su desviación estándar correspondiente.

Se determinó además el porcentaje de afectación de los granos llenos por panícula en cada uno de los rangos de temperatura evaluados respecto a la cantidad de granos llenos por panícula del control.

De acuerdo con las normas del Instructivo Técnico de Cultivo del Cultivo del Arroz, de Suárez y Rivero (2020), la variedad Reforma es de ciclo corto en el periodo seco y lluvioso con una duración de 122 y 105 días, respectivamente. Posee un hábito de crecimiento semierecto, con una capacidad de ahijamiento entre 11 y 14 hijos por planta. En dependencia del periodo, tiene un rendimiento promedio de 5.7 a 7.5 t·ha<sup>-1</sup>, posee una relación de largo/ancho de semilla de 3:1 y un peso de 1 000 granos secos de 26 g. La semilla tiene un periodo de latencia de 20 días y una longitud de la panícula de 26 cm. El porcentaje de grano blanco entero es de 62.3 % y un 93% de cristalinidad, con una humedad óptima de cosecha de 17- 26 %.

## Análisis y discusión de los resultados

Para las plantas control cuya temperatura se mantuvo a 32.3 °C, temperatura que por estar por debajo de los 35.0 °C no provocó afectaciones en la cantidad de granos llenos por panícula, cultivar Reforma (tabla 1), alcanzó el valor máximo de esta variable con 61 granos llenos por panícula.

Cuando la temperatura fue de 35 °C y de 35.5 °C, de 61 granos llenos por panícula descendió a 59 con una afectación del 3.3 %. Con 36.0 °C el número de granos llenos por panícula fue de 57 con 6.6 % de afectación. Temperaturas de 36.5 °C, y de 37.0 °C produjeron como promedio 54 y 53 granos llenos por panícula con afectaciones del 11.5 % y 13.1 %. La cantidad de granos llenos por panícula a temperaturas de 37.5 °C y de 38.0 °C fue de 52 y 50 con afectaciones que comienzan a sobrepasar el 15 %, con valores de 14.8 % y de 18.0 % respectivamente, mientras que incrementos en la temperatura de hasta 38.5 °C; 39.0 y 39.5 °C provocaron un descenso de la cantidad de granos llenos por panícula a 50, 49 y 48 cuyas correspondientes afectaciones en esta variable alcanzó porcentajes de 18.0; 19.7 y 21.3 %.

**Tabla 1. Cantidad de granos llenos por panícula y su correspondiente porcentaje de afectación en el cultivar de arroz Reforma en cámara de crecimiento**

<b>Temperatura °C</b>	<b>Granos llenos pan<sup>-1</sup></b>	<b>Afectación (%)</b>
Control (32.3±0.6)	61	0.0
35.0	59	3.3
35.5	59	3.3
36.0	57	6.6
36.5	54	11.5
37.0	53	13.1
37.5	52	14.8
38.0	50	18.0
38.5	50	18.0
39.0	49	19.7
39.5	48	21.3

**Fuente: Elaboración propia.**

Las temperaturas por encima de los 35.0 °C son muy frecuentes en la provincia de Granma, principalmente en los meses de julio y agosto, por lo que se debe de tener muy en cuenta estos resultados debido a las afectaciones que las altas temperaturas provocan en variables como el número de granos llenos por panícula, que es uno de los componentes del rendimiento agrícola del cultivo del arroz, importancia que se acrecienta debido a que el consumo de arroz está entre los alimentos de preferencia en la dieta diaria del cubano, y las áreas agrícolas de la provincia de Granma concentran la producción mayor de arroz de todo el país en dos empresas agroindustriales de granos Fernando Echenique y José Manuel Capote Sosa.

Entre las estrategias que pueden servir de ayuda para enfrentar esta problemática que parece agravarse por efecto del cambio climático se encuentran la obtención de cultivares de arroz más tolerantes a las altas temperaturas, y en segundo lugar, programar las fechas de siembra de forma tal que la etapa de la antesis no coincida con los meses de las temperaturas más elevadas.

El arroz se cultiva en regiones de clima tropical y templado, dado el severo cambio de los efectos del clima en los últimos años, autores como Kraehmer et al. (2016) y Song et al. (2021), pronostican un calentamiento proyectado para la década de 2080, que tendrá consecuencias graves para la producción de arroz. Por ejemplo, la exposición a eventos extremos como la anomalía de la temperatura del aire, reducirá el rendimiento del arroz al dañar el desarrollo de las espiguillas del grano durante las etapas de antesis y llenado del grano del arroz (Jung et al., 2015; Lee et al., 2015).

Estudios realizados por Wu et al. (2021) refieren resultados similares, de tres variedades de arroz tolerantes al calor, Nagina22 y Shanyou63, y la variedad híbrida Liangyoupeijiu en la cual fueron evaluados por su respuesta de rendimiento y estabilidad de rendimiento bajo

tratamientos térmicos, en etapas de inicio de panícula las temperaturas medias diurnas oscilaron entre 34.3 y 36.1 °C, en la etapa de floración y llenado de grano las temperaturas fueron entre 33.3 y 34.5 °C y una humedad relativa, superior al 70% de la evaluada en la investigación.

Por otra parte resultados obtenidos por Wang et al. (2020) refieren que en las etapas de espiga o post-espiga, los efectos de calentamiento en la fotosíntesis de la hoja cambiaron de positivos a negativos, mientras que sus efectos en la conductancia estomática diferían entre el arroz temprano y el tardío. El calentamiento aceleró el desarrollo del arroz y el estado fenológico avanzado, podría conducir a una senescencia más temprana de las hojas después del espigado. Las reducciones en los rendimientos de grano inducidas por los tratamientos térmicos durante la iniciación de la panícula se debieron a reducciones sincrónicas en la tasa de formación de semillas, el número de espiguillas y el peso del grano.

Resultados similares por Fahad et al. (2018) y Wu et al. (2021) muestran que el estrés por calor redujo significativamente el establecimiento de semillas, las espiguillas por panícula y el peso del grano, durante el inicio de la panícula, en diferentes etapas reproductivas (antes) lo cual impactó los rendimientos de grano en diferentes grados, las temperaturas críticas durante las etapas reproductivas al inicio de la panícula, floración y llenado de grano para el desarrollo del arroz fueron de 33,1 °C, 35,0 °C y 31,3 °C respectivamente.

Sin embargo Ye et al. (2022) realizó investigaciones con cámaras de crecimiento interior en variedades de arroz como, GIZA178, N22, IR64 en la que programó cuatro niveles de temperatura, que varían en el tiempo de inicio y la duración de la temperatura alta en los tratamientos de sometimiento para garantizar que la temperatura del aire alcance los 38 °C durante el período de estrés por calor; lo mismo con la humedad relativa y el número de luces encendidas dentro de la cámara para simular las condiciones reales. La humedad relativa se

mantuvo al 70% cuando la temperatura estuvo a 38 °C, y al 75% cuando la temperatura es inferior a 38 °C.

Las temperaturas registradas en las instalaciones de temperatura controlada se acercaron a los umbrales de temperatura crítica de las plantas de arroz, resultados que se asemejan a los estudiados. Estos datos indican que los componentes del rendimiento responden al estrés por calor de manera diferente según la etapa reproductiva durante la cual ocurre el estrés (Wu et al., 2021)

Kingra et al. (2019) realizaron un estudio de control en dos cultivares de arroz (Pusa Sugandh -2 y Pusa 44) e informaron que las altas temperaturas diurnas y nocturnas dieron como resultado una menor productividad del arroz, los tratamientos con altas temperaturas diurnas y nocturnas reducen en gran medida la producción de macollos y su desarrollo. La reducción en el número de macollos se debió a la mortalidad de los macollos. Las altas temperaturas provocaron una floración y una madurez tempranas, lo que se tradujo en una reducción del período de llenado del grano. Debido al período de llenado de grano más corto, los granos son de menor tamaño y esto provoca una reducción en el rendimiento. El peso seco de la panícula disminuyó drásticamente en todas las plantas sometidas a alta temperatura debido a la esterilidad de las espiguillas. También encontraron coincidencias de altas temperaturas diurnas y nocturnas con etapas críticas de desarrollo como la floración.

Es importante considerar los equilibrios fisiológicos durante las diferentes etapas de crecimiento, más aún en las etapas iniciales, para que las plantas de arroz crezcan, y adquieren cantidades adecuadas de clorofilas para proporcionar cantidades suficientes de asimilados fotosintéticos, debido a que las diferentes etapas de crecimiento necesitan cantidades

equivalentes de clorofilas para cumplir con los requisitos de desarrollo (Sandaruwani et al., 2022).

El estrés por calor durante la fase reproductiva afecta negativamente el volumen y la gordura del grano. El tamaño de grano pequeño en plantas de arroz estresadas por calor se caracteriza tanto por un ancho de grano reducido como por una longitud de grano reducida cuando las plantas están sujetas a estrés por alta temperatura durante la etapa de inicio de la panícula. Sin embargo, la reducción de la gordura del grano también se ha atribuido a una duración más corta del llenado de grano, aunque se demostró que la tasa de llenado aumenta en respuesta a temperaturas moderadamente altas durante la etapa de llenado. En particular, la terminación temprana del llenado de grano inducida por temperaturas moderadamente altas fue el resultado de una actividad de sumidero reducida debido a la temprana senescencia panicular (Wu et al., 2019).

### **Conclusiones**

1. A temperaturas de 32,3 °C no se producen afectaciones en el número de granos llenos por panícula en el cultivar Reforma.
2. A medida que la temperatura asciende a partir de los 35,0 °C se incrementa el porcentaje de afectación del número de granos llenos por panícula hasta alcanzar pérdidas de más del 20,0 % a temperaturas de 39,5 °C.

### **Referencias Bibliográficas**

Del Valle, J., González, D., Rafael, L., Sánchez, O. R., & Delgado, C. (2022). Efecto de las variables climáticas sobre el rendimiento agrícola del arroz (*Oryza sativa* L.). *Ingeniería Agrícola*, 12(1), 29-33. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1517/0>

- Fahad, S., Ihsan, M. Z., Khaliq, A., Daur, I., Saud, S., Alzamanan, S., Nasim, W., Abdullah, M., Khan, I. A., Wu, C., Wang, D., & Huang, J. (2018). Consequences of high temperature under changing climate optima for rice pollen characteristics-concepts and perspectives. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(11), 1473-1488.  
<https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1443213>
- Hashida, Y., Tezuka, A., Nomura, Y., Kamitani, M., Kashima, M., Kurita, Y., & Nagano, A. J. (2022). Fillable and unfillable gaps in plant transcriptome under field and controlled environments. *Plant Cell & Environment*, 45(8), 2410-2427.  
<https://www.researchgate.net/publication/360838711>
- Hu, S., Wang, Y., & Yang, L. (2021). Response of rice yield traits to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and its interaction with cultivar, nitrogen application rate and temperature: a meta-analysis of 20 years FACE studies. *Science of The Total Environment*, 764 (10).  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142797>
- Jung, W. S., Lee, K. J., & Lee, B. W. (2015). Responses of spikelet fertility to air, spikelet, and panicle temperatures and vapor pressure deficit in rice. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18, 209–218. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0116-7>
- Kingra, P. K., Kaur, R., & Kaur, S. (2019). Climate change impacts on rice (*Oryza sativa*) productivity and strategies for its sustainable management. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(2). <https://www.researchgate.net/publication/331318260>
- Kraehmer, H., Jabran, K., Mennan, H., & Chauhan, B. S. (2016). Global distribution of rice weeds-a review. *Crop Protection*, 80, 73–86.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.10.027>

- Lee, K. J., Kim, D. I., Choi, D. H., & Lee, B. W. (2015). Rice grain-filling characteristics under elevated air temperature in a temperate region. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18, 231–236. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0100-2>
- Mendoza, H. E., Loor, Á. C., & Vilema, S. F. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón. *Universidad y Sociedad*, 11(1).  
<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1128>
- Nettleton, D. F., Katsantonis, D., Kalaitzidis, A., Sarafijanovic-Djukic, N., Puigdollers, P., & Confalonieri, R. (2019). Predicting rice blast disease: machine learning versus process based models. *BMC Bioinformatics*, 20(1), 514. <https://doi.org/10.1186/s12859-019-3065-1>
- Numajiri, Y., Yoshino, K., Teramoto, S., Hayashi, A., Nishijima, R., Tanaka, T., Hayashi, T., Kawakatsu, T., Tanabata, T., & Uga, Y. (2021). iPOTs: Internet of Things-based pot system controlling optional treatment of soil water condition for plant phenotyping under drought stress. *The Plant Journal*, 107(5), 1569-1580.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/tpj.15400>
- Oda, A., Amikura, K., Kuchitsu, K., & Ishikawa, M. (2008). Phosphoric acid-assisted constant relative humidity chambers utilized for controlled deterioration of rice seeds. *Seed Science and Technology*, 36(3), 699-709.  
<https://www.researchgate.net/publication/233580145>
- Sandaruwani, K. H. C., Basnayake, B. F. A., Mowjood, M. I. M., & Ariyawansha, R. T. K. (2022). Enhancement of Germination of *Oryza sativa* L. (Rice) Seeds using Solar Concentrators. *Agricultural Science Digest*.

<https://arccarticles.s3.amazonaws.com/OnlinePublish/Final-article-attachemnt-with-doi-DF-405-6089603e9087340b9bdcbbb1.pdf>

Sistema de Información Simplificado Agrícola. (2022). *Arroz 2021-2022*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina.

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/if\\_sisa\\_arroz\\_21-22.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/if_sisa_arroz_21-22.pdf)

Song, J. S., Im, J. H., Park, Y. H., Lim, S. H., Yook, M. J., Lee, B. W., Kim, J. W. & Kim, D. S. (2021). Modeling the Effects of Elevated Temperature and Weed Interference on Rice Grain Yield. *Frontiers in Plant Science*, 12.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.663779/full>

Suárez, E., & Rivero, L. E. (Eds.). (2020). *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz*. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales.

Wang, B., Cai, W., Li, J., Wan, Y., Li, Y., Guo, C., Wilkes, A., You, S., Qin, X., Gao, K., & Liu, K. (2020). Leaf photosynthesis and stomatal conductance acclimate to elevated [CO<sub>2</sub>] and temperature thus increasing dry matter productivity in a double rice cropping system. *Field Crops Research*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107735>

Wu, C., Cui, K., Li, Q., Li, L., Wang, W., Hu, Q., Ding, Y., Li, G., Fahad, S., Huang, J., Nie, L. & Peng, S. (2021). Estimating the yield stability of heat-tolerant rice genotypes under various heat conditions across reproductive stages: a 5-year case study. *Scientific Reports*, 11. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93079-x>

Wu, C., Tang, S., Li, G., Wang, S., Fahad, S. & Ding, Y. (2019). Roles of phytohormone changes in the grain yield of rice plants exposed to heat: a review. *Plant Biology*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6873875>

Ye, C., Ishimaru, T., Lambio, L., Li, L., Long, Y., He, Z., Htun, T., Tang, S., & Su, Z. (2022). Marker-assisted pyramiding of QTLs for heat tolerance and escape upgrades heat

resilience in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 135(4), 1345-1354.

<https://www.researchgate.net/publication/359389138>