

Evaluación de líneas avanzadas de arroz de grano grueso en Morelos, México*

Evaluation of advanced lines of rice, coarse-grained in Morelos, Mexico

Edwin Javier Barrios Gómez^{1§}, Franccede González Gabriel¹, Jaime Canul Ku¹ y Marianguadalupe Hernández Arenas¹

¹Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana, km 0.5 Zacatepec, C. P. 62780 Morelos, México. Tel: 01 800 088 2222 ext. 86612. (fgg20_lz@hotmail.com; canul.jaime@inifap.gob.mx; hernandez.marian@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: barrios.edwin@inifap.gob.mx.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de trasplante y el ambiente sobre el comportamiento agronómico de cinco líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) tipo Morelos. La primera fecha de trasplante se realizó el 11 de abril y la segunda el 12 de mayo de 2014. Se evaluaron en cinco localidades: Jojutla, Cuautla, Mazatepec, E. Zapata y Cocoyoc, en el estado de Morelos. Cinco líneas fueron estudiadas: C7Za05, C14Za06, C20Za06, C21Za06, C27Za06 y como testigo la variedad Morelos A-2010. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar en arreglo factorial, donde las fuentes de variación fueron: fecha de trasplante, localidades y genotipos (líneas); para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa SAS ver. 9.0. Durante la cosecha, las variables registradas fueron: altura de planta, macollos productivos e improductivos, longitud de panícula, granos por panícula, granos manchados, granos vanos por panícula y el peso de grano en un metro cuadrado. La fecha de trasplante mostró diferencias significativas para casi todas las variables evaluadas; el factor ambiente, el genotipo y la interacción entre ambos mostraron diferencias altamente significativas. Para peso de grano, el mejor ambiente fue Jojutla y los materiales sobresalientes fueron Morelos A-2010 y la línea C21Za06, que obtuvieron un rendimiento de 1.22 kg m⁻², la combinación del ambiente Jojutla con la línea C20Za06 obtuvo el rendimiento más alto con 1.4 kg m⁻².

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of the transplant date and environment on the agronomic performance of five advanced lines of rice (*Oryza sativa* L.) type Morelos. The first date of transplant took place on april 11 and the second on 12 may 2014. It were evaluated in five locations: Jojutla, Cuautla, Mazatepec, E. Zapata and Cocoyoc, in the state of Morelos. Five lines were studied: C7Za05, C14Za06, C20Za06, C21Za06, C27Za06 and witness the variety Morelos A-2010. The experimental design was a randomized complete block in factorial arrangement, where the sources of variation were: date of transplant, locations and genotypes (lines); for statistical data analysis see was used the SAS program. 9.0. During harvest, the variables recorded were: plant height, productive and unproductive tillers, panicle length, grains per panicle, stained grains per panicle vain grains and grain weight in one square meter. The transplant date showed significant differences for almost all variables; the environment, genotype and interaction between the two factors showed highly significant differences. For grain weight, the best atmosphere was Jojutla and outstanding materials were Morelos A-2010 and C21Za06 line, which obtained a yield of 1.22 kg m⁻², the combination of Jojutla environment with C20Za06 line had the highest performance 1.4 kg m⁻².

* Recibido: febrero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

Palabras clave: *Oryza sativa* L., ambientes, fecha de siembra, genotipos, rendimiento.

Keywords: *Oryza sativa* L., environments, genotypes performance, planting date.

Introducción

El arroz es el segundo cereal más consumido por el hombre, después del trigo. A nivel mundial es el cultivo con mayor superficie cultivada después del maíz. Es el alimento básico de la mitad de la población mundial y proporciona poco más del 50% de las calorías de alimentación humana (FAOSTAT, 2013).

México, en 2013 produjo 179 775 toneladas, lo que representó el 0.02% de la producción mundial (FAOSTAT, 2013). Durante este mismo periodo a nivel global, el rendimiento de arroz palay fue de 4.48 t ha⁻¹, México superó esta cifra al obtener un rendimiento de 5.43 t ha⁻¹. El rendimiento más alto reportado en México fue en el Estado de Morelos, con un promedio de 10.1 t ha⁻¹ (SIAP, 2014), superando los rendimientos promedios de países como Egipto y Estados Unidos de América, que reportan los rendimientos más altos a nivel mundial (FAOSTAT, 2013). Los factores que han permitido el alto rendimiento del cultivo en Morelos han sido la liberación de variedades con gran potencial de rendimiento, las buenas condiciones climáticas, la disponibilidad suficiente de agua y el largo ciclo biológico de las variedades de 180 días después de la siembra. Aunque actualmente existen tres variedades en uso en el estado de Morelos, dos de ellas son muy susceptibles al acame: Morelos A-92 y Morelos A-98, de allí que se liberará la variedad Morelos A-2010, variedad de paja corta y con alto potencial de rendimiento, por arriba de 10 t ha⁻¹ (Salcedo y Barrios, 2012).

Esta variedad con la misma calidad de grano, al igual que las variedades hermanas antecesoras, del tipo Morelos, es tolerante al acame, pero cada vez más susceptible a la enfermedad del manchado de grano. Situación similar ha ocurrido en cultivos como trigo de temporal en donde se ha reportado que es afectado por problemas bióticos que demeritan su rendimiento. Además, las variedades liberadas con el tiempo se vuelven susceptibles a enfermedades, principalmente a la roya lineal amarilla y de la hoja, estos patógenos presentan gran variabilidad de razas o porque se presentan nuevas razas que rompen la resistencia de las variedades (Singh *et al.*, 2004). Actualmente, los productores de arroz enfrentan problemas con variedades de reciente

Introduction

The rice is the second cereal most consumed by man, after wheat. Worldwide is the largest acreage crop after corn. It is the staple food for half the world's population and provides little more than 50% of calories for human consumption (FAOSTAT, 2013).

Mexico, in 2013 produced 179 775 tons, representing 0.02% of world production (FAOSTAT, 2013). During this same period globally, palay rice yield was 4.48 t ha⁻¹, Mexico exceeded this figure to obtain a yield of 5.43 t ha⁻¹. The highest yield reported in Mexico was in the state of Morelos, with an average of 10.1 t ha⁻¹ (SIAP, 2014), exceeding the average yields of countries like Egypt and the United States of America, which reported the highest yields worldwide (FAOSTAT, 2013). The factors that have allowed the high crop yield in Morelos have been releasing varieties with high yield potential, good weather conditions, sufficient water availability and the long life cycle of the varieties of 180 days after planting. Although there are three varieties in use in the state of Morelos, two of which are very susceptible to lodging: Morelos A-92 and Morelos A-98, hence the variety Morelos A-2010, a variety of short straw will be released and high yield potential, above 10 t ha⁻¹ (Salcedo and Barrios, 2012).

This variety with the same quality of grain, like the sisters varieties predecessors, type of Morelos, is tolerant to lodging, but increasingly susceptible to disease stained grain. A similar situation has occurred in rainfed wheat crops such as where it has been reported that is affected by biotic problems that detract from their performance. In addition, the released varieties eventually become susceptible to diseases, mainly yellow stripe rust and leaf, these pathogens present great variability of races or because are presented new races that break the resistance of varieties (Singh *et al.*, 2004). Currently, rice farmers face problems with varieties recent release since they have susceptibility to diseases such as burning rice or *Pyricularia* caused by the fungus *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc. (Anam.) and severe problems with grain discoloration caused by *Bipolaris oryzae* (Breda de Hann) Shoemaker (Anam.) (Salcedo and Barrios, 2012; Hernández *et al.*, 2012).

liberación ya que presentan susceptibilidad a enfermedades como la quema del arroz o pyricularia causado por el hongo *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc. (Anam.) y problemas severos con el manchado del grano causado por *Bipolaris oryzae* (Breda de Hann) Shoemaker (Anam.) (Salcedo y Barrios, 2012; Hernández *et al.*, 2012).

Por lo expuesto anteriormente, se planteó la hipótesis de que las fechas tempranas de siembra disminuyen la severidad de los daños por enfermedades y que al menos alguna línea de los nuevos genotipos evaluados presentará tolerancia al manchado del grano y pyricularia. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de trasplante y el ambiente sobre el comportamiento agronómico y la tolerancia a enfermedades en cinco líneas avanzadas de arroz tipo Morelos.

Materiales y métodos

Ambientes

La presente investigación se realizó durante el ciclo P-V 2014 en cinco ambientes del estado de Morelos: Jojutla (A1), Mazatepec (A2), Cuautla (A3), Cocoyoc (A4) y Zapata (A5), zonas de gran importancia para el cultivo de arroz y con frecuente brotes de manchado de grano. En el Cuadro 1, se describen las condiciones ambientales y localización geográfica de las localidades en evaluación.

From the foregoing, the hypothesis that early planting dates reduce the severity of damage by diseases and that at least some line of new genotypes evaluated presented tolerance to grain discoloration and pyricularia was raised. Therefore the objective of this study was to evaluate the effect of the transplant date and environment on the agronomic performance and tolerance to disease in five advanced lines of rice Morelos type.

Materials and methods

Environments

This research was conducted during the P-V 2014 cycle in five environments in the state of Morelos Jojutla (A1), Mazatepec (A2), Cuautla (A3), Cocoyoc (A4) and Zapata (A5), areas of great importance to the cultivation rice and stained with frequent outbreaks of grain. In Table 1 are described environmental conditions and geographical location of the localities in evaluation.

Genetic material used

It was established and evaluated five advanced rice lines coarse type Morelos, known as C7Za05 (T1), C14Za06 (T2), C20Za06 (T3), C21Za06 (T4) and C27Za06 (T5), additionally the variety Morelos A-2010 witness (T6).

Cuadro 1. Características ambientales y localización geográfica de los sitios de evaluación en el estado de Morelos.
Table 1. Environmental characteristics and geographical location of test sites in the state of Morelos.

| Localidad | Temperatura media (°C) | Precipitación anual (mm) | Altura sobre el nivel del mar (m) | Latitud y longitud |
|-----------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|
| Jojutla | 24.1 | 948.2 | 902 | L 18° 37' 14.88" N L 99° 11' 36.96" W |
| Mazatepec | 24 | 867.2 | 951 | L 18° 42' 45.94" N L 99° 22' 19.02" W |
| Cuautla | 20.43 | 1015 | 1279 | L 18° 48' 24.19" N L 98° 58' 6.10" W |
| Cocoyoc | 22.12 | 960.6 | 1304 | L 18° 52' 29.10" N L 98° 59' 50.24" W |
| Zapata | 21.58 | 1564 | 1266 | L 18° 50' 42.16" N L 99° 10' 28.51" W |

Fuente: elaboración con datos de la red de estaciones meteorológicas del estado de Morelos, reporte climático 2014.

Material genético utilizado

Se evaluaron cinco líneas avanzadas de arroz de grano grueso tipo Morelos, denominadas como C7Za05 (T1), C14Za06 (T2), C20Za06 (T3), C21Za06 (T4) y C27Za06 (T5), adicionalmente se estableció la variedad Morelos A-2010 como testigo (T6).

Fechas de trasplante

Se evaluaron dos fechas de trasplante: el 11 de abril (F1) y 12 de mayo (F2) de 2014.

Diseño experimental

En cada ambiente se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, las cinco líneas se distribuyeron al azar dentro de cada bloque o tajo, el tamaño de la unidad experimental fue de 10 m² para cada línea y el área útil muestreada fue de 1 m².

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un diseño factorial donde las fuentes de variación fueron las fechas de trasplante, los ambientes y los genotipos.

Manejo agronómico

Se establecieron dos pачoles (almácigos) en fechas distintas en el Campo Experimental Zacatepec, del INIFAP en el estado de Morelos, cada una 30 días antes del trasplante. Se sembraron las cinco líneas avanzadas en F₆ a evaluar (C7Za05, C14Za06, C20Za06, C21Za06 y C27Za06), además se sembró la variedad Morelos A-2010 como testigo. Se cubrió el pачol con malla para evitar daños por aves durante los primeros días de su desarrollo.

La preparación del terreno constó de dos barbechos, uno normal y el segundo de forma cruzada. Como la siembra fue bajo el sistema de trasplante, se realizó la preparación de tres tajos (formación de bordos), de 10 m de ancho por 40 m de largo, posteriormente dentro de cada tajo, se hizo el aborde (actividad de forma manual para formar bordos, en donde se inunda completamente el tajo y se construyen los bordos de acuerdo al nivel del agua) para contener el agua. Esto se realizó de forma anticipada en todos los ambientes y en ambas fechas de siembra. A los 30 días después de la siembra del pачol, para ambas fechas de evaluación, se efectuó el trasplante; las plántulas de cada línea se colocaron en costales identificados y se transportaron al sitio definitivo para su desarrollo.

Dates transplant

Were evaluated two date's transplant: April 11 (F1) and May 12 (F2) of 2014.

Experimental design

Was used in each environment an experimental design completely randomized with three replications blocks, five lines were randomized within each block or pit, the size of the experimental unit was 10 m² for each line and the useful area sampled was 1 m².

For statistical analysis of the data was used a factorial design where the sources of variation were dates transplant, environments and genotypes.

Agronomic management

Two pачoles (seedlings) on various dates were set in the Campo Experimental Zacatepec, INIFAP in the state of Morelos, each 30 days before transplantation. The five advanced lines in F₆ to evaluate (C7Za05, C14Za06, C20Za06, C21Za06 and C27Za06) were seeded, plus the variety Morelos A-2010 was planted as a witness. The pачol mesh covered to prevent damage from birds during the early days of its development.

The site preparation consisted of two fallow land, one normal and the second cross. As planting was under the transplant system, the preparation of three gashes (formation of levees), 10 m wide by 40 m long, was conducted within each pit, he was subsequently addressed (activity manually to they form levees, where completely flooded the pit and levees according to the water level) are built to hold water. This was done in advance in all environments and in both planting dates. At 30 days after planting pачol for both evaluation dates, transplantation was carried out; each line seedlings were placed in sacks identified and transported to the definitive site for its development.

For weed control Propavel+Hierbester was applied to the most persistent weeds (Esqueda and Rosales, 2004). The manual weeding were performed to control weeds in the streets and levees, mainly. The formula was applied fertilization 180-40-40 of N-P-K fractionated in two stages; the first 100-40-40 after the first month after transplant and the first application of herbicides, the second 80-00-00 when differentiation reproductive vegetative apex in approximately 70 days after transplantation.

Para el control de malezas se aplicó Propavel+Hierbester para las malezas más persistentes (Esqueda y Rosales, 2004). Se realizaron deshierbes manuales para controlar malezas en las calles y bordos, principalmente. La fórmula de fertilización que se aplicó fue 180-40-40 de N-P-K fraccionándose en dos etapas; la primera 100-40-40 después del primer mes del trasplante y posterior a la primera aplicación de herbicidas, la segunda 80-00-00 al momento de la diferenciación del ápice vegetativo en reproductivo, aproximadamente 70 días después del trasplante.

Variables registradas

Las variables registradas durante la madurez fisiológica fueron altura de planta (AP), número de macollos productivos (MP) e improductivos (MI), longitud de panícula (LP), número de granos por panícula (GP), granos manchados (GM), granos vanos por panícula (GV) y el peso de grano (PG) en un metro cuadrado.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS (2002) ver. 9.0 con un diseño experimental factorial con tres niveles de variación: fecha de trasplante (F), localidades (A) y genotipos (G). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Fechas de trasplante

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las fechas de trasplante, como se muestra en el Cuadro 2. La prueba de comparación de medias de acuerdo con Tukey ($\alpha \leq 0.05$) indicó que la fecha 1 (F1) fue estadísticamente superior a la fecha 2 (F2). En este sentido, en la F1, se obtuvo mayor cantidad de granos por panícula (GP), menor cantidad de granos manchados por panícula (GM) y mayor peso de grano (PG) y un rendimiento de 1.21 kg m⁻² en comparación con el segundo, que solo obtuvo un peso de 1.04 kg m⁻². Los coeficientes de variación en el análisis estadístico para las diferentes variables, aunque están por arriba de 20% no son considerados altos y están dentro de lo aceptable para los resultados obtenidos. Aunque el objetivo de este estudio no fue conocer la estabilidad de los materiales, se obtuvo un bajo porcentaje en el coeficiente

Variables registered

The variables recorded during physiological maturity were plant height (AP), number of productive tillers (MP) and unproductive (MI), panicle length (LP), number of grains per panicle (GP), stained grains (GM), openings per panicle (GV) and the grain weight (PG) in a square meter grains.

Statistical analysis

For statistical analysis of the data was used the SAS (2002) program ver. 9.0 with a factorial experimental design with three levels of variation transplant date (F), locations (A) and genotypes (G). For comparison of means Tukey test ($\alpha \leq 0.05$) was used.

Results and discussion

Dates transplant

The statistical analysis showed significant differences ($p \leq 0.05$) between the dates of transplantation, as shown in Table 2. The mean comparison test according to Tukey ($\alpha \leq 0.05$) indicated that the date 1 (F1) was statistically than date 2 (F2). In this regard, in F1, the more grains per panicle (GP), fewer stained grains per panicle (GM) and higher grain weight (PG) and a yield of 1.21 kg m⁻² compared was obtained with the second, which only got a weight of 1.04 kg m⁻². The coefficients of variation in the statistical analysis for the different variables, but are above 20% are not considered high and are within the acceptable results. Although the aim of this study was not know the stability of the materials, a low percentage was obtained in the coefficient of variation (CVi) representing greater stability (Francis and Kannenberg, 1978), and the variable grain weight was a stable through varying environments therefore desirable and more stable genotype would be of higher performance and lower coefficient of variation.

The Figure 1 shows that during the first two months of crop development for the first date transplant (F1), the rooms had high temperatures and low rainfall, however, during the second day, the temperature dropped but there was an increase of cloudy days with more precipitation, these slight changes significantly affected the responses of the variables evaluated. In the second date (F2), there was a greater number of productive tillers; however, the panicles had a higher

de variación (CV) lo que representa una mayor estabilidad (Francis y Kannenberg, 1978), y la variable peso de grano fue una variable estable a través de los ambientes, por lo tanto los genotipos deseables y más estables serían los de mayor rendimiento y menor coeficiente de variación.

amount of stained beans, because during this phase of crop development increased cloudiness and high temperatures in the evaluated environments, conditions that could create an enabling environment for the development of fungal diseases environment was presented, the which coincides with the

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para caracteres agronómicos en variedades de arroz en dos fechas de siembra. Morelos, 2014.

Table 2. Comparison test averages for agronomic traits in rice varieties in two sowing dates. Morelos, 2014.

| | AP (cm) | MP | MI | LP (cm) | GP | GM | GV | PG (kg m ⁻²) |
|---------|---------|--------|-------|---------|---------|--------|--------|--------------------------|
| Fecha 1 | 118.88a | 15.79b | 0.85a | 28.99a | 126.74a | 5.20b | 16.70a | 1.21a |
| Fecha 2 | 117.87a | 24.57a | 0.33b | 28.31a | 110.61b | 15.15a | 17.03a | 1.04b |
| MG | 118.34 | 20.52 | 0.57 | 28.62 | 118.05 | 10.56 | 16.88 | 1.12 |
| DMS | 2.05 | 1.47 | 0.29 | 2.24 | 10.15 | 2.39 | 3.62 | 0.05 |
| CV (%) | 4.69 | 19.40 | 11.66 | 21.22 | 23.29 | 16.45 | 15.10 | 13.56 |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). AP= altura de planta; MP= macollos productivos; MI= macollos improductivos; LP= Longitud de panícula; GP= granos por panícula; GM= granos manchados; GV= granos vanos y PG= peso del grano. DMS= diferencia mínima significativa; CV=coeficiente de variación; MG= media general.

La Figura 1 muestra que durante los dos primeros meses de desarrollo del cultivo para la primera fecha de trasplante (F1), los ambientes presentaron altas temperaturas y escasa precipitación, por el contrario, durante la segunda fecha, la temperatura disminuyó pero hubo un aumento de días nublados con mayor precipitación, estos ligeros cambios afectaron significativamente las respuestas de las variables evaluadas. En la segunda fecha (F2), hubo un mayor número de macollos productivos; sin embargo, las panículas presentaron una mayor cantidad de granos manchados, debido a que durante esta fase de desarrollo del cultivo se presentó mayor nubosidad y altas temperatura en los ambientes evaluados, condiciones que pudieron generar un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades fungosas, lo que coincide con los resultados de Torres (2015), quien menciona que el aumento del rendimiento en campo es el resultado de mejoras del potencial genético, el manejo del cultivo y las condiciones ambientales adecuadas para el cultivo.

Otras investigaciones han reportado diferencias en el comportamiento de variedades evaluadas en diferentes épocas de siembra con relación a los componentes del rendimiento, la variación es atribuida a que la fase de reproducción del cultivo coincide con los días más cortos, menos radiación solar y temperatura más baja (Adames, 2014).

results of Torres (2015), who mentions that the increased field performance is the result of improvements genetic potential, crop management and appropriate environmental conditions for cultivation.

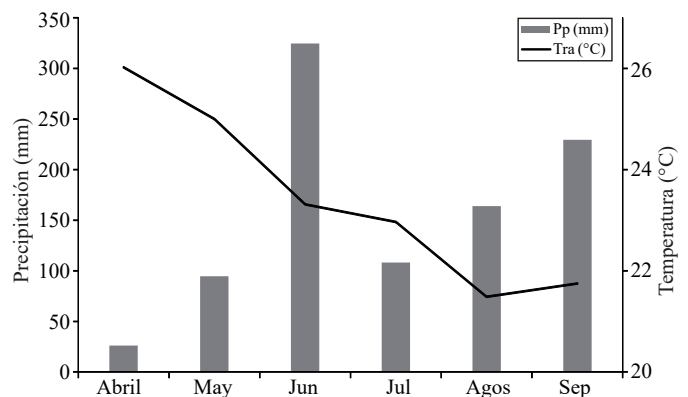


Figura 1. Temperatura y precipitación media en los ambientes evaluados (Jojutla, Mazatepec, Cautla, Cocoyoc y E. Zapata) durante dos fechas de trasplante en el estado de Morelos. Fuente: elaboración con datos del sistema meteorológico del estado de Morelos, con datos de 2014.

Figure 1. Temperature and rainfall in the evaluated environments (Jojutla, Mazatepec, Cautla, Cocoyoc and E. Zapata) for two dates transplant in the state of Morelos. Source: own elaboration with data from meteorological system of the state of Morelos, with data from 2014.

Ambientes

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los ambientes evaluados ($p \leq 0.05$) como se muestra en el Cuadro 3. La prueba de comparación de medias indicó que los ambientes afectaron significativamente la respuesta de las variables evaluadas; en localidad de Jojutla los genotipos presentaron mayor altura de planta, granos por panícula y el rendimiento más alto, 1.25 kg m^{-2} de grano, pero un mayor número de macollos improductivos. Los ambientes Cocoyoc y Zapata, presentaron mayor cantidad de granos manchados y vanos por panícula, lo que representa una característica indeseable ya que disminuye la calidad del grano y propicia una mayor pérdida de peso. La variable longitud de panícula no presentó diferencias significativas entre los ambientes.

Other studies have reported differences in behavior evaluated in different planting dates regarding yield components varieties, variation is attributed to the reproductive stage of the crop coincides with the shorter days, less solar radiation and low temperature (Adames, 2014).

Environments

Statistical analysis showed significant differences between the environments evaluated ($p \leq 0.05$) as shown in Table 3. The comparison of means test indicated that the environments significantly affect the response of the variables evaluated; in Jojutla town of genotypes they showed higher plant height, grains per panicle and higher yield, 1.25 kg m^{-2} of grain, but a larger number of unproductive tillers. The Cocoyoc

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias para caracteres de rendimiento y sus componentes en cinco ambientes de evaluación. Morelos, 2014.

Table 3. Comparison test averages characters yield and its components in five environments evaluation. Morelos, 2014.

| Ambientes | AP (cm) | MP | MI | LP (cm) | GP | GM | GV | PG (kg m ⁻²) |
|-----------|----------|---------|-------|---------|----------|--------|---------|--------------------------|
| Jojutla | 130.15a* | 18.33bc | 1.3a | 30.22a | 133.72a | 7.09b | 17.87bc | 1.25a |
| Maza | 118.88b | 14.5d | 0b | 28.3a | 122ab | 5.5b | 13.77bc | 1.02b |
| Cuautla | 102.39c | 21.33b | 0.36b | 28.04a | 101.9b | 9.45b | 10.51c | 1.1b |
| Cocoyoc | 122.11b | 32a | 0.27b | 28.75a | 124.22ab | 18.33a | 27.72a | 1.1b |
| Zapata | 122.26b | 17cd | 0.46b | 26.6a | 107b | 17.4a | 19.4ab | 1.02b |
| DMS | 4.79 | 3.43 | 0.69 | 5.23 | 23.71 | 5.59 | 8.45 | 0.13 |

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, según Tukey ($p \leq 0.05$). AP= altura de planta en cm; MP= macollos productivos; MI= macollos improductivos; LP= longitud de panícula en cm; GP= granos por panícula; GM= granos manchados; GV= granos vanos y PG= peso del grano. DMS= diferencia mínima significativa.

La Figura 2 muestra diferencias de temperatura en las localidades Jojutla, Mazatepec, Cuautla, Cocoyoc y Zapata. Dicha diferencia causó respuesta diferencial en el comportamiento agronómico de los genotipos evaluados al cambiar de una condición ambiental a otra.

and Zapata, environments showed more stained and vain grains per panicle, representing an undesirable characteristic as it lowers grain quality and promotes greater weight loss. The variable length panicle showed no significant differences between environments.

De acuerdo con el análisis estadístico, el ambiente Jojutla propició el mejor rendimiento de grano; por el contrario, los valores más bajos fueron para Zapata y Mazatepec. La gráfica de temperatura muestra que Jojutla presentó mayor temperatura en todo el ciclo del cultivo que el resto de las localidades. La precipitación fue mayor en las localidades Cocoyoc, Zapata y Mazatepec (Figura 3), lo que podría indicar que estos ambientes presentaron mayor nubosidad y altas temperaturas (Figura 2), lo que generó un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades como el manchado del grano, por el contrario Jojutla presentó menor

The Figure 2 shows temperature differences in Jojutla, Mazatepec, Cuautla, Zapata Cocoyoc and locations. This difference caused differential response in the agronomic performance of the genotypes evaluated when changing an environmental condition to another.

According to the statistical analysis, Jojutla environment led to the best grain yield; on the contrary, the lowest values were for Zapata and Mazatepec. The temperature graph shows that Jojutla showed higher temperature throughout the crop cycle than other locations. The precipitation was

precipitación (Figura 3), mayor temperatura (Figura 2) y un mejor rendimiento, aunque cabe mencionar que todos los experimentos contaron con agua de riego cada tercer día y el cultivo permaneció inundado durante su desarrollo.

Genotipos

El análisis estadístico indicó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los genotipos establecidos en dos fechas de trasplante y en cinco localidades. La prueba de comparación de medias indicó que la línea C20Za06, fue estadísticamente superior a las demás para la variable número de macollos productivos y estadísticamente inferior para altura de planta (carácter deseable), superando en caracteres incluso a la variedad comercial Morelos A-2010; sin embargo, para el resto de los componentes del rendimiento como longitud de panícula y granos por panícula todas las líneas fueron estadísticamente iguales. Caicedo (2008) obtuvo resultados similares con genotipos de arroz para la mayoría de las características evaluadas, con excepción de la longitud de panícula. No hubo diferencias significativas para la variable granos manchados por panícula, para efecto de genotipos, lo que indica que sólo la fecha de trasplante y los ambientes tuvieron efecto sobre ésta. El manchado del grano es un complejo de agentes causales entre los que se encuentran: hongos (*Bipolaris oryzae*, *Phyllostica* sp., *Alternaria padwickii*, *Curvularia* sp., *Pyricularia* sp., *Cercospora oryzae* y *Sarocladium* sp.). En el estado de Morelos, los patógenos identificados como causantes del manchado del grano son *Cochliobolus miyabeanus*, *C. lunatus*, *Alternaria alternata*, *A. solani*, *Fusarium proliferatum*, *F. moniliforme*, *Curvularia* spp., *Cladosporium cladosporioides* spp. y *Aspergillus* spp., y las bacterias *Pantoea stewartii* y *Xanthomonas* spp. (Hernández *et al.*, 2012). Este complejo afecta el grano al reducir el peso (hasta 40%), la germinación (entre 26 y 41%) y el llenado de los granos (30%). Asimismo, se han reportado diferencias significativas en la incidencia del manchado del grano en genotipos evaluados, lo que significa que se han detectado materiales tolerantes (Palacios *et al.*, 2008).

Para peso de grano, la línea C21Za06 fue estadísticamente superior a las demás, aunque no logró superar a la variedad testigo Morelos A-2010, ya que ésta última obtuvo el mismo rendimiento como se muestra en el Cuadro 4; sin embargo, es menos afectada por el manchado del grano.

higher in Cocoyoc, Zapata and Mazatepec localities (Figure 3), which could indicate that these environments had higher cloudiness and high temperatures (Figure 2), generating an environment conducive to the development of diseases like environment spotted grain, however Jojutla had lower precipitation (Figure 3), higher temperature (Figure 2) and better performance, although it is noteworthy that all experiments counted on irrigation water every third day and cultivation remained flooded during development.

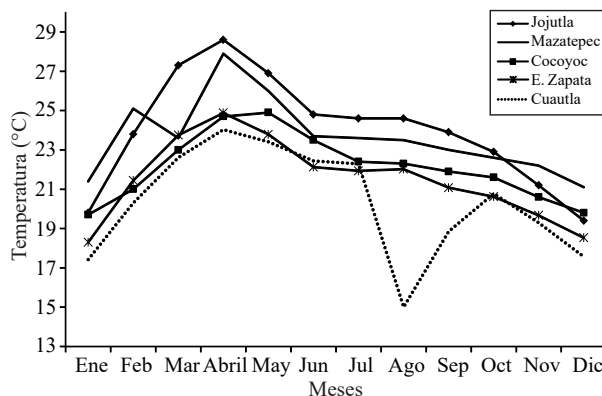


Figura 2. Temperatura media mensual de los ambientes Jojutla, Mazatepec, Cocoyoc, Zapata y Cuautla. Fuente: elaboración con datos del sistema meteorológico del estado de Morelos, reporte climático 2014.

Figure 2. Monthly mean temperature of Jojutla, Mazatepec, Cocoyoc, Zapata and Cuautla environments. Source: own elaboration with data from the meteorological system of the state of Morelos, climate report 2014.

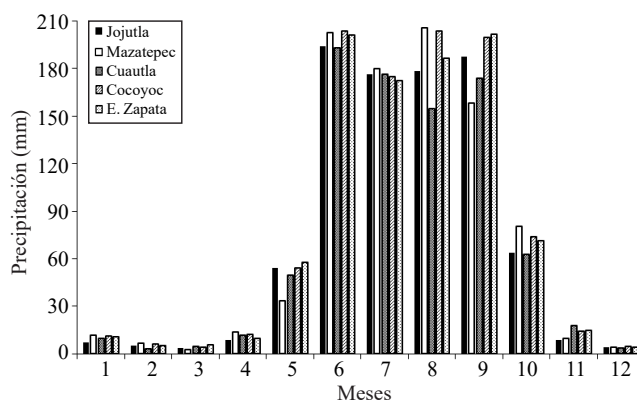


Figura 3. Precipitación media mensual de los ambientes Jojutla, Mazatepec, Cocoyoc, E. Zapata y Cuautla. Fuente: elaboración con datos del sistema meteorológico del estado de Morelos, únicamente con datos de 2014.

Figure 3. Average monthly precipitation of Jojutla, Mazatepec, Cocoyoc, E. Zapata and Cuautla environments. Source: own elaboration with data from meteorological system of the state of Morelos, only data 2014.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de arroz evaluados en diferentes ambientes. Morelos, 2014.**Table 4. Comparison test mean for agronomic traits and yield of rice genotypes evaluated in different environments. Morelos, 2014.**

| Genotipos | AP (cm) | MP | MI | LP (cm) | GP | GM | GV | PG (kg m ⁻²) |
|-----------|----------|---------|-------|---------|---------|--------|---------|--------------------------|
| C7Za05 | 127.19a* | 20.38ab | 0.66a | 30.85a | 128.76a | 12.04a | 16.14ab | 0.98c |
| C14Za06 | 117.71b | 19.04b | 0.71a | 26.76a | 117.57a | 9.19a | 12.19b | 1.05bc |
| C20Za06 | 106.42c | 23.19a | 0.33a | 27.54a | 105.95a | 11.04a | 22.23a | 1.10abc |
| C21Za06 | 130.71a | 21.09ab | 0.23a | 27.83a | 107.71a | 10.71a | 13.19ab | 1.22a |
| C27Za06 | 112.76b | 20.14ab | 0.80a | 29.26a | 124.19a | 11.04a | 18.71ab | 1.18ab |
| MA-2010 | 112.91b | 18.33b | 0.75a | 30.12a | 128.75a | 8.41a | 20.25ab | 1.22a |
| DMS | 5.31 | 3.80 | 0.77 | 5.81 | 26.30 | 6.20 | 20.25ab | 0.14 |

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, Tukey ($p \leq 0.05$). MA-2010= Morelos A-2010, AP= altura de planta en cm; MP= macollos productivos; MI= macollos improductivos; LP= longitud de panícula en cm; GP= granos por panícula; GM= granos manchados; GV= granos vanos y PG= peso del grano.

Interacción fechas de siembra (F), localidades (A) y genotipos (T)

Sólo las interacciones F*A y A*T fueron significativas para la mayoría de las variables evaluadas. Lo que indica que los ambientes de evaluación presentaron condiciones diferentes en las dos fechas de trasplante y el potencial productivo de los genotipos estuvo influenciado por el ambiente. La interacción F*A*T en la gran mayoría de las variables evaluadas e incluso el rendimiento de grano no fue significativo, lo que indica que una sola línea/variedad se podría utilizar indistintamente en cualquier fecha de siembra y ambiente, ya que tendría un comportamiento similar a excepción de altura de planta (Cuadro 5). De acuerdo a lo anterior dentro de las estrategias de evaluación de generaciones de segregantes y variedades mejoradas se contempla los ensayos en la mayor gama de ambientes para valorar el potencial de rendimiento y la estabilidad fenotípica de las variedades (Crossa, 1990).

Genotyping

Statistical analysis indicated significant differences ($p \leq 0.05$) for genotypes established on two dates transplant and in five locations. The test means comparison indicated that the C20Za06 line was statistically superior to others for the variable number of productive tillers and statistically lower for plant height (desirability), exceeding characters including the commercial variety Morelos A-2010; however, for the other components of performance as panicle length and grains per panicle all lines were statistically equal Caicedo (2008) obtained similar results with rice genotypes for most evaluated characteristics, except for the length of panicle. There were no significant differences for varying stained grains per panicle, for effect of genotypes, indicating that only the date of transplantation and this had an effect on environments. Spotted grain is a complex of causal agents among which are: fungi (*Bipolaris oryzae*, *Phyllostica* sp., *Alternaria padwickii*, *Curvularia* sp., *Pyricularia* sp.,

Cuadro 5. Cuadrados medios para la interacción fechas de siembra (F), localidades (A) y genotipos (T) en líneas élite de arroz. Morelos 2014.**Table 5. Mean squares for planting dates (F), locations (A) and genotypes (T) in elite rice lines interaction. Morelos 2014.**

| CM | Fecha de siembra (F) | Localidades (A) | FxA | Tratamientos (T) | FxT | AxT | FxAxT | CME |
|------|----------------------|-----------------|-----------|------------------|----------|----------|----------|--------|
| AP | 30 | 3 371.71* | 517.73* | 1 770.92* | 134.02* | 258.9* | 165.21* | 30.88 |
| MP | 2 239* | 847.5* | 0 | 52.6* | 13.41 | 79* | 0 | 15.84 |
| MI | 7.81* | 6.67* | 40.41* | 1.14 | 1.44 | 1.76* | 0.62 | 0.65 |
| LP | 13.49 | 39.85 | 123.01 | 50.11 | 15.06 | 32.87 | 127.85 | 36.9 |
| GP | 7 557.35* | 4 876.54* | 7 586.27* | 1 979.3 | 1 064.82 | 1 238.65 | 1 773.08 | 756.43 |
| GM | 2 881.59* | 671.94* | 0 | 30.29 | 52.72 | 110.11* | 19.37 | 42.15 |
| GV | 3.12 | 938.56* | 3 041.4* | 313.78* | 816.28* | 393.5* | 0 | 96.19 |
| CMPG | 0.79* | 0.22* | 0.7* | 0.18* | 0.08* | 0.07* | 0 | 0.02 |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). CM= cuadrados medios, AP= altura de planta en cm; MP= macollos productivos; MI= macollos improductivos; LP= longitud de panícula, GP= granos por panícula; GM= granos manchados; GV= granos vanos y PG= peso del grano.

Combinación fecha de siembra localidad (F*A)

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento, existió interacción entre las fechas de trasplante y las localidades. De acuerdo con la prueba de Tukey la combinación F1A1 (fecha 1 Jojutla) presentó mayor altura de planta con 132.5 cm, mayor número de macollos improductivos, granos por panícula (153) y mayor peso de grano (1.33 kg m⁻²); el mayor número de macollos se desarrolló en la F2A4 (fecha 2 Cocoyoc) con un promedio de 32 macollos por planta, pero también obtuvo un mayor número de granos manchados y vanos por panícula. Las enfermedades del arroz son una de las principales causas y barreras para el mantenimiento de alta productividad y sostenibilidad del cultivo. En promedio las enfermedades del arroz causan hasta 15% de pérdidas en la producción bajo los manejos actuales del cultivo. Entre las enfermedades más importantes mundialmente se consideran pyricularia (*Pyricularia oryzae*), el añublo bacterial (*Xanthomonas oryzae pv oryzae*), el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), el virus del tungro en Asia y el virus de la hoja blanca en algunos países de América Latina, y más recientemente el añublo bacterial de la panícula causado por la bacteria *Burkholderia glumae* la

Cercospora oryzae and *Sarocladium* sp.). In the state of Morelos, pathogens identified as causing grain discoloration are *Cochliobolus miyabeanus*, *C. lunatus*, *Alternaria alternata*, *A. solani*, *Fusarium proliferatum*, *F. moniliforme*, *Curvularia* spp., *Cladosporium cladosporioides* spp., and *Aspergillus* spp., and bacteria *Pantoea stewartii* and *Xanthomonas* spp. (Hernández *et al.*, 2012). This complex affects the grain to reduce weight (up to 40%), germination (between 26 and 41%) and the grain filling (30%). Also they have reported significant differences in the incidence of grain discoloration in genotypes, which means that have been detected tolerant materials (Palacios *et al.*, 2008).

For grain weight, the line C21Za06 was statistically superior to others, but failed to overcome the witness variety Morelos A-2010, since the latter obtained the same performance as shown in Table 4; however, it is less affected by the tainted grain.

Interaction planting dates (F), locations (A) and genotypes (T)

Only interactions F*A and A*T were significant for most variables assessed. Indicating that assessment environments presented different conditions in the two dates transplant and

cual ha aumentado en incidencia, severidad e importancia económica en muchos países de América Latina y Estados Unidos de América (Correa, 2015).

Combinación fecha de trasplante*genotipos (F*T)

En esta interacción sólo existieron diferencias significativas para las variables altura de planta, granos vanos y peso de grano. La combinación F2T4 (fecha 2 línea C14Za06) presentó mayor altura de planta, F2T6 (fecha 2 Morelos A-2010) obtuvo el mayor número de granos vanos por panícula y el mejor peso de grano se obtuvo en la combinación F1T4 (fecha 1 línea C21Za06) con un rendimiento de 1.29 kg m⁻².

Combinación localidades*genotipos (A*T)

La combinación A5 y T2 (Zapata C14Za06) obtuvo mayor altura de planta (141 cm); A4 y T3 (Cocoyoc C20Za06) presentó mayor número de macollos productivos, granos manchados, el mayor número de macollos improductivos; en A1 y T6 (Jojutla Morelos A-2010) obtuvo un mayor número de granos por panícula; A4 y T6 (Cocoyoc Morelos A-2010) presentó mayor número de granos vanos y el mejor rendimiento se obtuvo en A1 y T3 (Jojutla C20Za06) con 1.40 kg m⁻². Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones anteriores que mencionan una respuesta diferencial en genotipos evaluados bajo diferentes condiciones, lo que indica que hubo diferencias entre ambientes y su influencia en la expresión de los genotipos en el rendimiento y las variables evaluadas (Orona, 2013).

Conclusiones

La mejor fecha de trasplante resultó ser la primera o la más temprana, que coincide con la mayor radiación solar y menos días nublados. El mejor ambiente fue el de Jojutla, aunque en promedio todas las localidades estuvieron por arriba de la media de rendimiento del estado de Morelos. Los mejores genotipos fueron la variedad testigo Morelos A-2010 y la línea C21Za06. Las mejores combinaciones fueron entre la localidad de Jojutla con la línea C20Za06, la mejor combinación entre fecha y genotipo fue la primer fecha de trasplante y la línea C21Za06.

productive potential of genotypes it was influenced by the environment. The F*A*T interaction in the vast majority of the variables evaluated and even grain yield was not significant, indicating that a single line/variety could be used indifferently in any planting date and environment, and it would have a except like plant height behavior (Table 5). According to the above within assessment strategies segregating generations of improved varieties and trials referred to in the widest range of environments to assess the potential performance and phenotypic stability of varieties (Crossa, 1990).

Combination planting date locality (F*A)

Under conditions in which the experiment was conducted, there was interaction between transplant dates and locations. According to the Tukey test the combination F1A1 (date 1 Jojutla) showed higher plant height with 132.5 cm, more unproductive tillers, grains per panicle (153) and higher grain weight (1.33 kg m⁻²); the highest number of tillers developed in the F2A4 (date 2 Cocoyoc) with an average of 32 tillers per plant, but also obtained a greater number of stained and vain grains per panicle. The rice diseases are a major cause and barriers for maintaining high productivity and crop sustainability. On average rice diseases cause up to 15% of production losses under the current crop management. Among the most important diseases worldwide are considered *Pyricularia oryzae*, bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*), the sheath blight (*Rhizoctonia solani*), the virus Tungro in Asia and virus white sheet in some countries Latin America, and more recently the bacterial panicle blight caused by the bacterium *Burkholderia glumae* which has increased in incidence, severity and economic importance in many countries in Latin America and the United States of America (Correa, 2015).

Combination transplant date*genotipos (F*G)

In this interaction only significant differences for the variables plant height, empty grains and grain weight. The combination F2T4 (date 2 line C14Za06) showed higher plant height, F2T6 (date 2 Morelos A-2010) obtained the highest number of grains openings per panicle and the best grain weight was obtained in the F1T4 combination (date 1 line C21Za06) with a yield of 1.29 kg m⁻².

Literatura citada

- Adames, A. 2014. Evaluación de genotipos de arroz por época de siembra en la zona noroeste de la República Dominicana. *Revista Agropecuaria Forestal AFP. Sociedad Dominicana de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (SODIAF)*. 3(1):9-16.
- Caicedo, O. Y. J. 2008. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa/Oryza latifolia*) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento # 8 de Zacarías municipio de Buenaventura. Universidad del Pacífico. Tesis para optar al título de Agrónomo del Trópico húmedo. Colombia. 28 p.
- Correa, V. F. 2015. Desafíos en el manejo de enfermedades del arroz. *In: XII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe*. Porto Alegre, RS, Brasil. 33-38 pp.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44:55-85.
- Esqueda E. V. A. y E. Rosales. 2004. Evaluación de Bispiribac-Sodio en el control de malezas en arroz de temporal. *Agron. Mesoam.* 15:09-15.
- FAOSTAT. 2013. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Francis, T. R. and Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian J. Plant Sci.* 58:1029-1034.
- Hernández, A. M.; Barrios, G. E. J.; Canul, K. J.; Berriozabal, O. A. y Rodríguez, E. J. J. 2012. Calidad fitosanitaria y tratamiento químico para el control de patógenos en semillas de arroz tipo Morelos. *Investigación Agropecuaria*. 9(2):103-111.
- Orona, C. F.; Medina, M. J.; Tucuch, C. F. M.; Soto, R. S. M. y Almeyda, L. I. H. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. *Phyton*. 82:255-261.
- Palacios, M. E. R.; Pauth, M. M. J.; Chavarría, G. I. y Cuadra, C. S. A. 2008. Evaluación avanzada de nueve líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) con resistencia al manchado del grano, Valle de Sébaco. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 45 p.
- Salcedo, A. J. y Barrios G. E. J. 2012. Morelos A-2010, nueva variedad de arroz para siembra directa para el Centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:1453-1458.
- Singh, R. P.; Huerta, E. J.; Figueroa, P. L. and Pfeiffer, W. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in the Northwestern Mexico during 2001-2002. *Plant Dis.* 87:230-236.
- SIAP. 2014. <http://www.siap.gob.mx>.

Combination localities*genotypes (A*T)

The A5 and T2 combination (Zapata C14Za06) obtained greater plant height (141 cm); A4 and T3 (Cocoyoc C20Za06) presented greater number of productive tillers, spotted grains, as many unproductive tillers; A1 and T6 (Jojutla Morelos A-2010) obtained a greater number of grains per panicle; A4 and T6 (Cocoyoc Morelos A-2010) presented a higher number of empty grains and the best performance was obtained A1 and T3 (Jojutla C20Za06) with 1.40 kg m⁻². The results are consistent with previous studies that mention a differential response in genotypes under different conditions, indicating that there were differences between environments and their influence on the expression of genotypes in yield and the variables evaluated (Orona, 2013).

Conclusions

The best transplant date turned out to be the first or earlier, which coincides with the largest solar radiation and less cloudy days. The best atmosphere was that of Jojutla, although on average all locations were above average performance of the state of Morelos. The best genotypes were the control variety Morelos A-2010 and C21Za06 line. The best combinations were between the town of Jojutla with C20Za06 line, the best combination of date and genotype was the first transplant date and C21Za06 line.

End of the English version



SAS. Versión 9.0 para Windows (XP). 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Torres, E. T. 2015. Contribuciones del mejoramiento genético a la competitividad del arroz: logros y perspectivas. *In: XII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina e Caribe*. Porto Alegre, RS, Brasil. 20-22 pp.