

Rendimiento de grano y características fenotípicas de maíz: efecto de ambiente y dosis de fertilización*

Grain yield and phenotypic characteristics of maize: effect of environment and fertilization doses

Noel Orlando Gómez Montiel², Francisco Palemón Alberto^{1§}, Guadalupe Reyes García¹, César del Ángel Hernández Galeno², Miguel Ángel Cantú Almaguer², Porfirio Juárez López³ y Ada Ascencio Álvarez⁴

¹Universidad Autónoma de Guerrero. Periférico poniente s/n. Colonia Villa de Guadalupe. CP. 40020. Tel-Fax. 01 (733) 33 3 47 76. (zary1313@yahoo.com.mx). ²Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5. CP. 40000. Tel-Fax: 01 800 088 2222. (noelorando19@hotmail.com; hernandez.cesar@inifap.gob.mx; cantu.miguel@inifap.gob.mx). ³Universidad Autónoma del estado de Morelos. Avenida Universidad 1001. CP. 62210. Cuernavaca, Morelos, México. (porfiriojlopez@yahoo.com). ⁴Universidad Tecnológica de la Mixteca. Instituto de industrias. Carretera a Acatlima km 2.5. CP. 69000. Huajuapán de León, Oaxaca. (adascencio@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: palemonalbertofrancisco@yahoo.com.mx.

Resumen

El maíz es la principal fuente de alimento y es el cultivo que mayor superficie ocupa en México. En el estado de Guerrero existe gran diversidad de regiones agroecológicas que se distinguen por su altitud, temperatura, tipo de suelo, distribución de lluvias, donde los agricultores siembran híbridos, variedades y poblaciones nativas de maíz bajo condiciones de riego y temporal. El objetivo del presente trabajo fue examinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y fósforo, en características fenotípicas y rendimiento de tres genotipos de maíz en dos ambientes de la región norte del estado de Guerrero. El experimento se estableció en Iguala y Apaxtla, Guerrero en el ciclo primavera verano - 2013. Los genotipos fueron VS-535, A-7573 y V-537C. Se estudiaron dosis de nitrógeno (100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y de fósforo (60, 90 y 120 kg ha⁻¹), bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en arreglo factorial. La unidad experimental fue de cuatro surcos de cinco metros de longitud, distancia entre surcos a 0.80 m. Se cuantificaron: altura de la planta, altura de mazorca, sanidad de la mazorca, rendimiento de grano. Los resultados indicaron que en las cuatro variables cuantificadas, se detectaron efectos significativos. En Apaxtla, la altura de planta, altura de mazorca, sanidad de la mazorca

Abstract

Corn is the main source of food and the largest crop cultivated in Mexico. In the state of Guerrero there is great diversity of agro-ecological regions distinguished by its altitude, temperature, soil type, rainfall distribution, where farmers grow hybrid varieties and native population's of corn under irrigation and rainfed conditions. The objective of this study was to assess the effect of different doses of nitrogen and phosphorus in phenotypic characteristics and yield of three maize genotypes in two environments in the northern region of the state of Guerrero. The experiment was established in Iguala and Apaxtla, Guerrero during the spring-summer cycle - 2013. The genotypes were VS-535, A-7573 and V-537C. Nitrogen doses (100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and phosphorus (60, 90 and 120 kg ha⁻¹), under a randomized complete block design with three replications in factorial arrangement. The experimental unit consisted of four rows of five meters length, row spacing 0.80 m. Recording: plant height, ear height, cob health, grain yield. The results indicated that in the four quantified variables, significant effects were detected. In Apaxtla, plant height, ear height, cob health and grain yield were higher than those observed in Iguala, Guerrero. Treatment nine (VS-535 + 200N + 120P)

* Recibido: julio de 2016
Aceptado: octubre de 2016

y rendimiento de grano fueron superiores a los observados en Iguala, Guerrero. El tratamiento nueve (VS-535+200N+120P) expresó mayor sanidad de mazorca y rendimiento de grano. La V-537C fue superior en altura de planta y rendimiento de grano respecto a VS-535 y A-7573, y fueron semejantes los tres genotipos en altura y sanidad de la mazorca. La aplicación de 200 unidades de N aumentó la altura de planta y 90 unidades de P incrementó la altura de mazorca, sanidad de la mazorca y rendimiento de grano $t\ ha^{-1}$.

Palabras clave: *Zea mays* L., dosis de fertilización, características fenotípicas y rendimiento de grano.

Introducción

México es centro de diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) e importante en el aspecto social y económico, básico para la alimentación humana y animal. En este cultivo se han realizado diversos estudios para cuantificar minerales (Menkir, 2008), proteína, lisina y triptófano (Zepeda *et al.*, 2009), aceite (Torres *et al.*, 2010), biosíntesis de almidón (Agama *et al.*, 2013), Provitamina A (Pillay *et al.*, 2014; Owens *et al.*, 2014).

En condiciones tropicales y subtropicales de la región Norte de Guerrero, existen diversas condiciones agroecológicas (Palemón *et al.*, 2012), donde el principal alimento es la tortilla; además, los agricultores han aceptado sembrar genotipos de maíz como: la variedad sintética VS-535 que lo utilizan como elote, forraje y grano, el híbrido trilineal A-7573 principalmente para elote y rendimiento de grano; la variedad V-537C con calidad de proteína para condiciones ambientales semejantes a dicha región que puede ser una alternativa para fortalecer el nivel nutricional principalmente en las comunidades indígenas, ya que al consumir este tipo de grano en su contenido presenta los aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano (Gómez *et al.*, 2003).

El nitrógeno y fósforo son nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, el nitrógeno desempeña un papel importante para la producción de clorofila, enzimas, proteínas y ácidos nucleicos de los cereales (Adediran y Banjoko, 1995; Shanti *et al.*, 1997). El nitrógeno se moviliza a través del tallo y la hoja (Ciampitti y Vyn, 2013). El suministro adecuado de nitrógeno mejora el rendimiento de grano de maíz, principalmente en el incremento de número de granos (Uribelarrea *et al.*, 2004; Khaliq *et al.*, 2009).

expressed greater cob health and grain yield. V-537C was higher in plant height and grain yield compared to VS-535 and A-7573, and the three genotypes were similar in height and cob health. The application of 200 units of N increased plant height and 90 units of P increased ear height, cob health and grain yield $t\ ha^{-1}$.

Keywords: *Zea mays* L., fertilization dose, phenotypic characteristics and grain yield.

Introduction

Mexico is the center of maize genetic diversity (*Zea mays* L.) and important in social and economic aspects, basic for human and animal feed. In this culture there have been several studies to quantify minerals (Menkir, 2008), protein, lysine and tryptophan (Zepeda *et al.*, 2009), oil (Torres *et al.*, 2010), starch biosynthesis (Agama *et al.*, 2013), provitamin A (Pillay *et al.*, 2014; Owens *et al.*, 2014).

In tropical and subtropical conditions in the northern region of Guerrero, there are different agro-ecological conditions (Palemón *et al.*, 2012), where the main food is tortilla; in addition, farmers have agreed to sow corn genotypes like the synthetic variety VS-535 which is used as corn, forage and grain, trilinear hybrid A-7573 mainly for corn and grain yield; the V-537C variety with protein quality for environmental conditions similar to this region which can be an alternative to strengthen the nutritional level mainly in indigenous communities, since consuming this type of grain in its content presents the essential amino acids such as lysine and tryptophan (Gómez *et al.*, 2003).

Nitrogen and phosphorus are essential nutrients for growth and development of the plant, nitrogen plays an important role in chlorophyll, enzymes, proteins and nucleic acids production in cereals (Adediran and Banjoko, 1995; Shanti *et al.*, 1997). Nitrogen mobilizes through the stem and leaf (Ciampitti and Vyn, 2013). Adequate supply of nitrogen improves grain yield of maize, mainly in the increase of grain number (Uribelarrea *et al.*, 2004; Khaliq *et al.*, 2009).

Nitrogen application influences grain yield, corn stover, improves its quality and protein content (Haque *et al.*, 2001). Plant height, stem diameter, green forage yield, protein, fiber and total ash content, increases by applying high

La aplicación de nitrógeno influye en el rendimiento de grano, forraje de maíz, mejora su calidad y contenido de proteínas (Haque *et al.*, 2001). La altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento de forraje verde, proteína, fibra y contenido total de cenizas, aumentan al aplicar dosis altas de nitrógeno. El fósforo contribuye en la formación de los ácidos nucleicos, respiración celular, actividad metabólica y al aplicarse conjuntamente con el nitrógeno influyen en el rendimiento de grano, calidad de forraje (Patel *et al.*, 1997), altura de planta y número de hojas por planta (Masood *et al.*, 2011). El objetivo del presente trabajo fue examinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y fósforo, en características fenotípicas y rendimiento de tres genotipos de maíz en dos ambientes de la región norte del estado de Guerrero.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en las localidades de Apaxtla e Iguala, Guerrero en el ciclo agrícola, primavera-verano 2013. Las coordenadas geográficas de Apaxtla son 18° 08' 15" de latitud norte y 99° 55' 79" de longitud oeste, con respecto al Meridiano de Greenwich; y con una altitud de 1200 m. Iguala, se encuentra ubicada a 18° 20' 45" de latitud norte y 99° 30' 19" de longitud oeste con una altitud de 774 m, clima Awo (w) (i) g y con una precipitación pluvial promedio en verano de 977 mm (García, 1988). El material genético que se evaluó en el experimento fueron las variedades VS-535, V-537C y el híbrido Asgrow A-7573. La variedad sintética VS-535 fue liberado por el Campo Experimental Iguala, dependiente del INIFAP en el año 1993 y a la fecha se sigue sembrando por sus características que presenta en elote, forraje y grano Dr. Noel Orlando Gómez Montiel. C. E. Iguala- INIFAP. Com. Pers.

La V-537C es de polinización libre, proveniente de la población poza Rica 8763, se caracteriza por tener germoplasma de la raza tuxpeño y posee grano semidentado, y se adapta en regiones de mediano potencial productivo del trópico de México, con climas cálido húmedo y subhúmedo ubicados en altitudes desde 0- 1 200 m (Gómez *et al.*, 2003). El híbrido trilineal A-7573 corresponde a la compañía privada de semillas Asgrow-Monsanto (Sánchez *et al.*, 2013). El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con arreglo factorial, tres repeticiones, donde se involucraron los siguientes factores: genotipos, VS-535, V-537-C y A-7573; dosis de nitrógeno (N) con

dosis de nitrógeno. Phosphorus contributes to the formation of nucleic acids, cellular respiration, metabolic activity and when applied together phosphorus and nitrogen affect grain yield, forage quality (Patel *et al.*, 1997), plant height and leaves number per plant (Masood *et al.*, 2011). The aim of this study was to examine the effect of different doses of nitrogen and phosphorus in phenotypic characteristics and yield of three maize genotypes in two environments in the northern region of the state of Guerrero.

Materials and methods

The experiment was established in the localities of Apaxtla and Iguala, Guerrero in the agricultural cycle, spring-summer 2013. Geographical coordinates of Apaxtla are 18° 08' 15" north latitude and 99° 55' 79" west longitude, with respect to prime meridian, with an altitude of 1 200 m. Iguala is located at 18° 20' 45" north latitude and 99° 30' 19" west longitude at an altitude of 774 m, Awo (w) (i) g climate and an average rainfall in summer of 977 mm (García, 1988). The genetic material evaluated in the experiment was VS-535, V-537C varieties and hybrid Asgrow A-7573. The synthetic variety VS-535 was released by the Experimental Field Iguala, under INIFAP in 1993 and to date it continues to sow for its characteristics that corn, forage and grain present, Dr. Noel Orlando Gómez Montiel. C. E. Iguala INIFAP. Pers. Com.

V-537C is open-pollinated, from the population poza Rica 8763, characterized by having germplasm Tuxpeño race and has indented grain, and adapts in regions of medium productive potential from the tropics of Mexico, with hot and humid climates and sub-humid at altitudes from 0 to 1 200 m (Gómez *et al.*, 2003). The Trilinear hybrid A-7573 corresponds to the private seed company Asgrow-Monsanto (Sánchez *et al.*, 2013). The experimental design was randomized complete block with factorial arrangement, three replications, where the following factors are involved: genotypes, VS-535, V-537-C and A-7573; nitrogen (N) doses with 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ and phosphorus (P) doses with 60, 90 and 120 kg ha⁻¹. The experimental unit was formed by four rows 5 m length and 0.85 wide, both experiments were conducted under rainfed (unirrigated).

Fertilizer sources were nitrogen (urea 46%) and phosphorus (diammonium phosphate), applications were made at 25, 40 and 55 days after planting for the

100, 150 y 200 kg ha⁻¹ y dosis de fósforo (P) con 60, 90 y 120 kg ha⁻¹. La unidad experimental fue conformada por cuatro surcos de 5 m de longitud y 0.85 de ancho, ambos experimentos se condujeron en condiciones de temporal (secano).

Las fuentes de fertilizante fueron: nitrógeno (urea 46%) y fósforo (fosfato diamónico), las aplicaciones se llevaron cabo a los 25, 40 y 55 días después de la siembra para el caso del N y se aplicó todo el P en la primera fecha. Se cuantificaron las variables: altura de planta (cm), altura de mazorca (cm), sanidad de la mazorca (escala 1 a 9); donde la valoración fue con una escala de 1 a 9: donde; 1 significa mazorca enferma y 9 mazorca sana, y el rendimiento de grano fue ajustado al 12% de humedad para ambas localidades. Se efectuó el análisis de varianza combinado de localidades, mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklm} = \mu + L_i + G_j + N_k + P_l + (G*N)_{jk} + (G*P)_{jl} + (N*P)_{kl} + (G*N*P)_{jkl} + (Loc*G)_{ij} + (Loc*N)_{ik} + (Loc*P)_{il} + (Loc*G*N)_{ijk} + (Loc*G*P)_{ijl} + (Loc*N*P)_{ikl} + (Loc*G*N*P)_{ijkl} + B_m + E_{ijklm}$$

Donde: Y_{ijkl} : observación de la variable de estudio Y; μ : media general de la variable de estudio Y; L_i : efecto de i-ésimo localidad; G_j : efecto del i-ésimo genotipo; N_j : efecto de la j-ésima dosis de nitrógeno; P_k : efecto de la k-ésima dosis de fósforo; $(G*N)_{jk}$: efecto de la interacción entre el genotipo y la dosis de nitrógeno; $(G*P)_{jl}$: efecto de la interacción entre el genotipo y la dosis de fósforo; $(N*P)_{kl}$: efecto de la interacción entre la dosis de nitrógeno y fósforo; $(G*N*P)_{jkl}$: efecto de la triple interacción entre el genotipo, la dosis de nitrógeno y fósforo; $(Loc*G)_{ij}$: efecto de la interacción localidad por el genotipo; $(Loc*N)_{ik}$: efecto de la interacción localidad por la dosis de nitrógeno; $(Loc*P)_{il}$: efecto de la interacción entre el genotipo, la dosis de nitrógeno y la dosis de fósforo; $(Loc*G*N)_{ijk}$: efecto de la triple interacción entre la localidad, el genotipo y la dosis de nitrógeno; $(Loc*G*P)_{ijl}$: efecto de la triple interacción entre la localidad, el genotipo y la dosis de fósforo; $(Loc*N*P)_{ikl}$: efecto de la triple interacción entre la localidad, la dosis de nitrógeno y fósforo; $(Loc*G*N*P)_{ijkl}$: efecto de la cuádruple interacción entre la localidad, el genotipo, la dosis de nitrógeno y fósforo; B_m : es el efecto del m-ésimo bloque; E_{ijkl} : es el error aleatorio (efecto de los factores no controlados).

Además se efectuó la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS versión 9.0.

case of N and all P was applied in the first date. Measured variables: plant height (cm), ear height (cm), cob health (scale 1-9); where scoring was with a 1 to 9 scale: where; 1 means ill and 9 healthy cob and grain yield was adjusted to 12% moisture for both locations. Combined analysis of variance for localities was performed through the following statistical model:

$$Y_{ijklm} = \mu + L_i + G_j + N_k + P_l + (G*N)_{jk} + (G*P)_{jl} + (N*P)_{kl} + (G*N*P)_{jkl} + (Loc*G)_{ij} + (Loc*N)_{ik} + (Loc*P)_{il} + (Loc*G*N)_{ijk} + (Loc*G*P)_{ijl} + (Loc*N*P)_{ikl} + (Loc*G*N*P)_{ijkl} + B_m + E_{ijklm}$$

Where: Y_{ijkl} : observation of the study variable Y; μ : overall average of the study variable Y; L_i : effect of i-th location. G_j : effect of the jth genotype; N_j : effect of jth dose of nitrogen; P_k : effect of dose kth phosphorus; $(G*N)_{jk}$: effect of the interaction genotype and nitrogen dose; $(G*P)_{jl}$: effect of the interaction genotype and phosphorus dose; $(N*P)_{kl}$: effect of the interaction nitrogen and phosphorus; $(G*N*P)_{jkl}$: effect of triple interaction genotype, nitrogen and phosphorus dose; $(Loc*G)_{ij}$: interaction effect genotype by town; $(Loc*N)_{ik}$: interaction effect of locality by nitrogen dose; $(Loc*P)_{il}$: interaction effect genotype, nitrogen dose and phosphorus dose; $(Loc*G*N)_{ijk}$: triple interaction effect locality, genotype and nitrogen dose; $(Loc*G*P)_{ijl}$: triple interaction effect locality, genotype and phosphorus dose; $(Loc*N*P)_{ikl}$: triple interaction effect locality, nitrogen and phosphorus dose; $(Loc*G*N*P)_{ijkl}$: quadruple interaction effect locality, genotype, nitrogen and phosphorus dose; B_m : it is the effect of m-th block; E_{ijkl} : it is the random error (effect of uncontrolled factors).

In addition, the mean comparison test was performed with Tukey ($p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$) using SAS statistical software version 9.0.

Results and discussion

Analysis of variance

Combined Anova of localities generated 19 sources of variation, and mean squares, averages, coefficients of variation are shown on (Table 1), in addition a multiple range test was performed to localities, treatments, genotypes, nitrogen (N) and phosphorus (P) doses, for the four variables tested (Tables 2, 3, 4, 5 and 6).

Resultados y discusión

Análisis de varianza

El Anova combinado de localidades generó 19 fuentes de variación, y se presentan cuadrados medios, promedios, coeficientes de variación (Cuadro 1), además se efectuó la prueba de rango múltiple para localidades, tratamientos, genotipos, dosis de nitrógeno (N) y fósforo (P), para las cuatro variables analizadas (Cuadros 2, 3, 4, 5 y 6).

In plant height (ADP), ear height (ADMz) and cob health (SDMz), highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed, whereas for grain yield (RGr) no significant changes were detected in the source of variation localities. Regarding treatments, ADP and ADMz did not record statistical significance; while SDMz and RGr in $t\ ha^{-1}$, significant effects were observed. Regarding interaction L x G no statistical significance was detected in the four variables (Table 1). This result indicates that when assessing genotypes (VS-535, V-537C and A-7573) in both environments were not affected, because the four traits were statistically similar.

Cuadro 1. Cuadros medios obtenidos del análisis de varianza combinado para cuatro variables medidas en tres genotipos de maíz y evaluados en dos localidades.

Table 1. Mean squares obtained from the combined analysis of variance for four variables measured in three maize genotypes, evaluated in two locations.

Fuente de variación	Cuadros medios				
	GL	ADP	ADMz	SDMz	RGr
Localidades (L)	1	36868.19 **	6052.45 **	9.88 **	3.38
Repeticiones	2	531.71	19.94	0.01	6.79
Tratamientos (T)	26	201.11	58.85	0.66 **	3.77 **
LxT	26	234.27	66.04	0.04	0.32
Genotipos (G)	2	864.49 *	172.1 *	0.34	9.09 **
Nitrógeno (N)	2	118.69	30.89	0.58	9.01 **
Fósforo (P)	2	154.31	195.04 *	0.77 *	1.71
G x N	4	60.04	54.81	0.29	0.51
G x P	4	55.85	0.5	0.91 **	5.39 **
N x P	4	166.08	64.56	1.83 **	5.39 **
G x N x P	8	228.25	31.8	0.22	1.64
L x G	2	71.53	19.25	0.06	0.24
L x N	2	135.62	66.49	0.02	0.45
L x P	2	83.24	47.88	0.08	0.09
L x G x N	4	190.73	46.49	0.05	0.51
L x G x P	4	165.66	124.08	0.02	0.22
L x N x P	4	540.93	69.13	0.01	0.19
L x G x N x P	8	240.11	61.36	0.05	0.39
Error	132	283.81	60.31	0.18	0.99
Media		241.06	93.19	5.41	7.97
CV (%)		6.99	8.33	18.42	5.26

GL= grados de libertad; ADP= altura de planta; ADMz= altura de mazorca; SDMz= sanidad de la mazorca; RGr= rendimiento de grano $t\ ha^{-1}$; L= localidades; T= tratamientos; G= genotipos; N= nitrógeno; P= fósforo; CV (%): coeficiente de variación en porcentaje. * y **= significativo y altamente significativo al 0.01 y 0.05%.

En altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADMz) y sanidad de la mazorca (SDMz), se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), en cambio, para rendimiento de grano (RGr) no se detectaron cambios significativos en la fuente de variación localidades. Respecto

Significant changes occurred in the three traits measured in maize genotypes (VS-535, V-537-C and A-7573), is due to genetic potential and consistency to the environmental conditions to which were exposed (Sierra *et al.*, 2002; Alemón *et al.*, 2011).

a tratamientos, la ADP y ADMz, no registraron significancia estadística; mientras que para SDMz y RGr en $t\ ha^{-1}$, se observaron efectos significativos. Respecto a la interacción L x G no se detectó significancia estadística en las cuatro variables cuantificadas (Cuadro 1). Este resultado indica que al evaluar los genotipos (VS-535, V-537C y A-7573) en ambos ambientes no fueron afectados, debido a que los cuatro caracteres estadísticamente fueron semejantes.

Los cambios significativos ocurridos en los tres caracteres medidos en los genotipos de maíz (VS-535, V-537-C y A-7573), es debido al potencial genético y consistencia a las condiciones ambientales en las cuales fueron expuestas (Sierra *et al.*, 2002; Palemón *et al.*, 2011).

Para el factor nitrógeno, se detectó significancia estadística en RGr; mientras que en ADP, ADMz y SDMz, no hubo cambios significativos. Estos resultados sugieren que los tres niveles de N (100, 150 y 200) aplicados en los genotipos, mostraron caracteres semejantes estadísticamente en ambos ambientes, a excepción de RGr (Cuadro 1).

En cuanto a las dosis de fósforo, se detectaron efectos significativos en ADMz y SDMz, mientras que en ADP y RGr, no se observaron cambios significativos al aplicar 60, 90 y 120 unidades de P. Estos resultados indican que los niveles de fósforo aplicados en los tres genotipos evaluados en las localidades de Iguala y Apaxtla no fueron las dosis adecuadas para lograr el rendimiento de grano óptimo.

Respecto a las interacciones genotipo por fósforo (G x P) y nitrógeno por fósforo (N x P) se detectaron efectos altamente significativos en SDMz y RGr, en cambio, en ADP y ADMz, no hubo significancia estadística. Estos resultados indican que una de las dosis de P aplicado en los tres genotipos afectó significativamente a dos variables; mientras que al combinar N x P no modificó significativamente la altura de planta y mazorca en los tres genotipos. En las combinaciones G x N, G x N x P, L x G, L x N, L x P, L x G x N, L x G x P, L x N x P, L x G x N x P, no se detectaron efectos significativos en las cuatro variables medidas en los genotipos (VS-535, V-537C y A-7573) evaluados en las localidades de Iguala y Apaxtla. Este resultado indica que a medida una interacción es más compleja no causa efecto en los caracteres de los genotipos cuando son evaluados en dos ambientes, es importante valorarlos en más condiciones ambientales para saber si son estables (Cuadro 1).

For the nitrogen factor, statistical significance was detected in RGr; while in ADP, ADMz and SDMz, there were no significant changes. These results suggest that the three levels of N (100, 150 and 200) applied to the genotypes showed statistically similar traits in both environments, except RGr (Table 1).

As for phosphorus dose, significant effects were detected in ADMz and SDMz, while ADP and RGr, no significant changes were observed when applying 60, 90 and 120 units of P. These results indicate that phosphorus levels applied in the three genotypes assessed in the localities of Iguala and Apaxtla were not the adequate doses to achieve optimum grain yield.

Regarding interactions genotype by phosphorus (G x P) and nitrogen by phosphorus (N x P), highly significant effects were detected in SDMz and RGr, however, ADP and ADMz, there was no statistical significance. These results indicate that a dose of P applied in the three genotypes significantly affected two variables; while combining N x P did not modify significantly plant and ear height in the three genotypes. In combinations G x N, G x N x P, L x G, L x N, L x P, L x G x N, L x G x P, L x N x P, L x G x N x P, no significant effects were detected in the four variables measured in genotypes (VS-535, V-537C and A-7573) evaluated in the localities of Iguala and Apaxtla. This result indicates that as an interaction is more complex has no effect on the genotype traits when evaluated in two environments, it is important to assess them in more environmental conditions to see if these are stable (Table 1).

Means comparison of localities

Generally, when comparing average plant height of localities, it was observed that in Iguala, was lower (226 cm) than in Apaxtla (256.2 cm); that is, a difference of 30 cm was found. In ADMz and SDMz, the same trend was observed, because in the locality of Apaxtla genotypes showed statistically higher values than those obtained in Iguala (Table 2). The response of varieties VS-535, V-537C and hybrid A-7573 were favored in the locality of Apaxtla, because the altitude of 1182 m and average temperature 30 °C differ to those recorded in Iguala (740 m 37 °C), this behavior indicates that the varieties were selected to suit altitudes from 0 to 1 200 m (Gomez *et al.*, 2003).

Comparación de medias de localidades

De manera general, al comparar la altura de planta promedio de las localidades, se observó que en Iguala, fue menor (226 cm) al registrado en Apaxtla (256.2 cm); es decir, se encontró una diferencia de 30 cm. En ADMz y SDMz, se observó la misma tendencia, debido a que en la localidad de Apaxtla los genotipos presentaron valores superiores estadísticamente a los obtenidos en Iguala (Cuadro 2). La respuesta de las variedades VS-535, V-537C y del híbrido A-7573 fueron favorecidos en la localidad de Apaxtla, debido a que la altitud de 1 182 m y temperatura media 30 °C difieren respecto a los registrados en Iguala (740 m y 37 °C), este comportamiento indica que las variedades fueron seleccionadas para adaptarse a altitudes desde 0 hasta 1 200 m (Gómez *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Comparación de medias de cuatro variables fenotípicas y rendimiento de tres genotipos de maíz evaluados en dos localidades.

Table 2. Means comparison of four phenotypic variables and yield of three maize genotypes evaluated in two locations.

Variables	Localidades		Media	DMS (0.05)
	Iguala	Apaxtla		
Altura de planta (cm)	225.9 ab	256.2 a	241.1	5.23
Altura de mazorca (cm)	87 ab	99.3 a	93.2	2.41
Sanidad de mazorca	7.7 ab	8.2 a	7.9	0.13
Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	5.2 ab	5.6 a	5.4	0.3

DSH= diferencia significativa honesta (tukey= $\alpha = p \leq 0.05$); variables con la misma letra, son estadísticamente iguales.

En la localidad de Apaxtla se registró 400 kg más de rendimiento de grano t ha⁻¹; esto significa que cada localidad presenta características particulares ($p \leq 0.05$), para que los genotipos expresen su máximo potencial de producción de un ambiente a otro.

Comparación de medias de tratamientos

Al contrastar los promedios de 27 tratamientos, se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables medidas, excepto en altura de planta (ADP) y altura de mazorca (ADMz), este resultado indica que al aplicar las nueve combinaciones de nitrógeno + fósforo en cada genotipo, no modificó el porte de la planta y de la mazorca en ambos ambientes, ya que estadísticamente fueron semejantes (Cuadro 3). Respecto a la sanidad de la mazorca, el mayor valor fue observado en el tratamiento nueve (VS-535+200N+120P), mientras que los valores inferiores estadísticamente fueron registrados en tres tratamientos (VS-535+150N+120P, A-7573+150N+120P,

In the town of Apaxtla more than 400 kg of grain yield t ha⁻¹ was recorded; this means that each locality has specific characteristics ($p \leq 0.05$) for genotypes to express their maximum production potential from one environment to another.

Means comparison of treatments

By comparing 27 treatments average, significant differences ($p \leq 0.05$) were detected in variables measured, except in plant height (ADP) and ear height (ADMz), this result indicates that applying the nine combinations of nitrogen + phosphorus in each genotype did not modify the size of the plant and ear in both environments, as this were statistically similar (Table 3). Regarding cob health, the highest value observed was in treatment nine (VS-535 + 200N + 120P),

while statistically lower values were recorded in three treatments (VS-535 + 150N + 120P, A-7573 + 150N + 120P, V-537C + 100N + 60P), and the remaining 23 combinations were similar to the highest value recorded in VS-535 + 200N + 120P.

Plant size tended to increase when the combination 200N-90P (251.8 cm) was applied to genotype V-537C; while the combination 100N-60P applied to VS-535 showed lower plant height (229.8 cm); i.e. ADP increased 22cm when comparing these two average values by effect of N + P, although not significantly. The results indicate that treatments (VS-535 + 200-60, 245.5 cm, A-7573 + 100-120, 245.4 cm, V-537C + 200-90, 251.8 cm) affected ADP with some combination of N + P to reach the average maximum of both environments. In general, the values obtained in ADMz were below to 1 m; this result indicates that in maize plants, there is a possibility that won't lodge, because the plant will be balanced for having cobs in the middle and facilitate harvesting manually. The highest

V-537C+100N+60P), y las 23 combinaciones restantes fueron semejantes al mayor valor registrado en VS-535+200N+120P.

average value (8.6) observed in SDMz, was detected in combination 200N + 120P expressed by genotype VS-535, statistically surpassed treatments (VS-535 + 150N

Cuadro 3. Comparación de medias de las dosis de fertilización con N y P, y su efecto en características fenotípicas y rendimiento de los genotipos VS-535, A-7573 y V-537C evaluados en dos localidades.

Table 3. Means comparison of fertilization doses with N and P, and its effect on phenotypic characteristics and yield of genotypes VS-535, A-7573 and V-537C evaluated in two localities.

Tratamientos	ADP	ADMz	SDMz	RGr
1. VS-535+100-60	229.8 a	88.3 a	7.8 abcd	5.3 abcd
2. VS-535+100-90	240.3 a	92.4 a	7.9 abcd	4.6 abcd
3. VS-535+100-120	236.4 a	91.7 a	8.1 abcd	5.3 abcd
4. VS-535+150-60	232.2 a	90.6 a	8.2 abcd	5.1 abcd
5. VS-535+150-90	244.1 a	97.4 a	8.3 abcd	6 abcd
6. VS-535+150-120	241.3 a	93.7 a	7.5 abcd	4.5 abcd
7. VS-535+200-60	245.5 a	96.5 a	8.3 abcd	6.1 abcd
8. VS-535+200-90	231.2 a	93.5 a	7.8 abcd	4.8 abcd
9. VS-535+200-120	234.6 a	86 a	8.6 abcd	7.1 abcd
10. A-7573+100-60	230 a	92.7 a	7.9 abcd	4.8 abcd
11. A-7573+100-90	243.8 a	96.1 a	7.9 abcd	5.1 abcd
12. A-7573+100-120	245.4 a	91.3 a	7.6 abcd	4 abcd
13. A-7573+150-60	237.1 a	90 a	8.5 abcd	5.4 abcd
14. A-7573+150-90	243.1 a	94.5 a	8.4 abcd	5.9 abcd
15. A-7573+150-120	236.1 a	88.7 a	7.3 abcd	4.1 abcd
16. A-7573+200-60	245.2 a	92.3 a	7.9 abcd	6.1 abcd
17. A-7573+200-90	244.2 a	91.6 a	8 abcd	5.4 abcd
18. A-7573+200-120	241.2 a	91.7 a	7.6 abcd	4.3 abcd
19. V-537C+100-60	248.3 a	92.7 a	7.4 abcd	4.8 abcd
20. V-537C+100-90	241.2 a	94.7 a	7.9 abcd	5.6 abcd
21. V-537C+100-120	242.7 a	91.5 a	8.2 abcd	5.9 abcd
22. V-537C+150-60	245.2 a	95.1 a	8.3 abcd	6 abcd
23. V-537C+150-90	246.8 a	99.9 a	8.2 abcd	6.2 abcd
24. V-537C+150-120	241 a	95.1 a	7.8 abcd	5 abcd
25. V-537C+200-60	244.1 a	97.3 a	7.8 abcd	5.9 abcd
26. V-537C+200-90	251.8 a	97.2 a	8 abcd	6.3 abcd
27. V-537C+200-120	246.2 a	93.9 a	8 abcd	6.6 abcd
Media	241.1	93.2	7.97	5.4
DMS	35.8	16.6	1	2.3

ADP= altura de planta; ADMz= altura de mazorca; SDMz= sanidad de la mazorca; RGr= rendimiento de grano; variables con la misma letra estadísticamente son iguales. DSH= diferencia significativa honesta (tukey= $\alpha = p \leq 0.05$).

El porte de planta tendió a aumentar cuando se aplicó la combinación 200N-90P (251.8 cm) en el genotipo V-537C; mientras que la combinación 100N-60P aplicado en VS-535 registró menor altura de planta (229.8 cm); es decir, aumentó 22 cm de ADP al compararse estos dos valores promedio por efecto del N+P aunque no de manera significativa. Los resultados indican que los tratamientos (VS-535+200-60,

+ 120P, 7.5; A-7573 + 150N + 120P, 7.3 and V-537C + 100N + 60P, 7.4); while the lowest value (7.3) was for hybrid A-7573 with the formulation 150N-120P. These results suggest that the remaining 24 treatments showed statistically similar responses in SDMz of the three genotypes in Iguala and Apaxtla, which implies that the more healthy cobs are, higher production will be achieved.

245.5 cm, A-7573+100-120, 245.4 cm, V-537C+200-90, 251.8 cm); afectaron a la ADP con cierta combinación de N+P para alcanzar el máximo promedio de ambos ambientes. En general, los valores obtenidos en ADMz fueron inferiores a 1 m; este resultado indica que en las plantas de maíz, existe la posibilidad de que no se acamen, debido a que van a estar balanceadas las plantas por presentar mazorca en el tercio medio y facilitar la cosecha en forma manual. El mayor valor promedio (8.6) observado en SDMz, se detectó en la combinación 200N+120P expresado por el genotipo VS-535, estadísticamente superó a los tratamientos (VS-535+150N+120P, 7.5; A-7573+150N+120P, 7.3 y V-537C+100N+60P, 7.4); mientras que el menor valor (7.3) fue representado por el híbrido A-7573 con la formulación 150N-120P. Estos resultados sugieren que los 24 tratamientos restantes presentaron respuestas semejantes estadísticamente en SDMz de los tres genotipos evaluados en Iguala y Apaxtla, lo cual implica que entre más sanas sean las mazorcas, se logrará una mayor producción.

En cuanto a rendimiento de grano $t\ ha^{-1}$, el tratamiento nueve presentó mayor valor ($7.1\ t\ ha^{-1}$), aunque estadísticamente no superó a 19 tratamientos, en cambio, se registraron valores inferiores comparados con el promedio general (5.4), y fueron representados por VS-535+100N+60P, VS-535+150N+120P, A-7573+100N+60P, A-7573+100N+120P, A-7573+150N+120P, A-7573+200N+120P, V-537C+100N+60P (Cuadro 3). La variedad sintética VS-535 fue evaluada en la región Montaña (localidad Olinalá) y región Norte (localidad Teloloapan), donde se le aplicó 120N+90P por ha^{-1} y registró las siguientes características: altura de planta (110.25 cm), sanidad de mazorca (7.2) y rendimiento de grano $t\ ha^{-1}$ (4.377), respectivamente (Palemón *et al.*, 2012). Mukhtar *et al.* (2011), mencionan que al incrementar los niveles de nitrógeno y fósforo (300 N - 150 P), disminuye el peso de 1000 semillas, número de granos por mazorca y rendimiento de grano. Kogbe y Adediran (2003), aplicaron la formulación 100N-40P detectaron mayor rendimiento de grano de maíz.

Comparación de medias de genotipos

Al comparar las características fenotípicas de los tres genotipos de maíz, se observó que la V-537C fue el que presentó mayor ADP y no superó al híbrido A-7573, mientras que la VS-535 estadísticamente fue inferior (7.9 cm) en porte de planta. La ADMz de los genotipos VS-535, A-7573 y VS535, fueron semejantes estadísticamente. Respecto a la SDMz, no hubo cambios significativos, ya que los tres genotipos presentan mazorcas con el mismo

As for grain yield $t\ ha^{-1}$, treatment nine showed a higher value ($7.1\ t\ ha^{-1}$), although statistically did not exceed 19 treatments, however, lower values were recorded compared with the overall average (5.4), and were represented by VS-535 + 100N + 60P, VS-535 + 150N + 120P, A-7573 + 100N + 60P, A-7573 + 100N + 120P, A-7573 + 150N + 120P, A-7573 + 200N + 120P, V-537C + 100N + 60P (Table 3). The synthetic variety VS-535 was evaluated in the Mountain region (locality Olinalá) and Northern region (locality Teloloapan), applying 120N+90P ha^{-1} and showed the following characteristics: plant height (110.25 cm), cob health (7.2) and grain yield $t\ ha^{-1}$ (4.377), respectively (Palemón *et al.*, 2012). Mukhtar *et al.* (2011) mention that by increasing nitrogen and phosphorus levels (300 N - 150 P) the thousand grain weight decreases, grains number per ear and grain yield. Kogbe and Adediran (2003) applied the formulation 100N-40P detecting increased corn grain yield.

Means comparison of genotypes

When comparing phenotypic characteristics of the three maize genotypes, it was observed that V-537C showed the highest ADP and did not exceed hybrid A-7573, while VS-535 was statistically lower (7.9 cm) in plant size. ADMz from genotypes VS-535, A-7573 and VS535 were statistically similar. Regarding SDMz, there were no significant changes since the three genotypes have ears with the same statistically health degree in both environments. Genotypes VS-535 and V-537C recorded average statistically equal; however, the hybrid A-7573 was below 900 kg grain yield $t\ ha^{-1}$. The results indicate that the genotypes evaluated in Iguala and Apaxtla were not affected by the environment, because their ADMz and SDMz were similar. VS-535 was evaluated in the localities of Olinalá and Teloloapan, exhibiting similar characteristics to those found in this study (Palemón *et al.*, 2012).

According to Ortiz *et al.* (2013) by evaluating 16 native maize populations and as control the hybrid A-7573 recorded 4.073 $t\ ha^{-1}$ RGr, lower value (4.9) to that observed in this study. V-537C variety is considered a stable material as it produced 5.8 $t\ ha^{-1}$ grain yield; similar to those reported by Sierra *et al.* (2002) average (5.46 RGr) from five locations; while Andres *et al.* (2014) reported 4.06 $t\ ha^{-1}$, average from four locations.

Means comparison of nitrogen doses

Comparing the effects of fertilizer doses (100, 150 and 200 kg N) applied on genotypes VS-535, A-7573 and V-537C, it was observed that in phenotypic characteristics ADP, ADMz and

grado de sanidad estadísticamente en ambos ambientes de evaluación. Los genotipos VS-535 y V-537C registraron promedio estadísticamente igual; en cambio, el híbrido A-7573 fue inferior 900 kg en rendimiento de grano t ha⁻¹. Los resultados indican que los genotipos evaluados en Iguala y Apaxtla no fueron afectados por el ambiente, debido a que su ADMz y SDMz fueron semejantes. La VS-535 fue evaluada en las localidades de Olinálá y Teloapan, exhibieron características semejantes a los encontrados en este trabajo (Palemón *et al.*, 2012).

Según Ortíz *et al.* (2013) al evaluar 16 poblaciones nativas de maíz y como testigo el híbrido A-7573 registró 4.073 t ha⁻¹ de RGr, valor inferior (4.9) al observado en este estudio. La variedad V-537C se considera como un material estable ya que produjo 5.8 t ha⁻¹ de rendimiento de grano, resultados semejantes a los reportados por Sierra *et al.* (2002) promedio (5.46 RGr) de cinco localidades; mientras que Andrés *et al.* (2014), reportaron 4.06 t ha⁻¹, promedio de cuatro localidades.

Cuadro 4. Comparación de medias de las características fenotípicas y rendimiento de tres genotipos de maíz evaluados en Iguala y Apaxtla, Guerrero.

Table 4. Means comparison of phenotypic characteristics and yield of three maize genotypes evaluated in Iguala and Apaxtla, Guerrero.

Variables	Genotipos			Media	DMS (0.05)
	VS-535	A-7573	V-537C		
Altura de planta	237.2 ab	240.7 ab	245.2 a	241.1	7.4
Altura de mazorca	92.2 a	92.1 a	95.3 a	93.2	3.4
Sanidad de la mazorca	8 a	7.8 a	7.9 a	7.9	0.2
Rendimiento de grano	5.4 ab	4.9 ab	5.8 a	5.4	0.4

DSH= diferencia significativa honesta (tukey= $\alpha = p \leq 0.05$); variables con la misma letra estadísticamente son iguales.

Comparación de medias en las dosis de nitrógeno

Al comparar los efectos de las dosis de fertilizante (100, 150 y 200 kg de N) aplicados en los genotipos VS-535, A-7573 y V-537C, se observó que en las características fenotípicas ADP, ADMz y SDMz no se detectaron cambios significativos; sin embargo, existe una tendencia que al incrementar la dosis de fertilización aumenta el porte de la planta, la altura de la mazorca y la sanidad de la mazorca de manera no significativa. Los resultados sugieren, que al no encontrarse cambios significativos en las características fenotípicas (ADP, ADMz y SDMz) de los genotipos, es posible recomendar la aplicación de 100 unidades de nitrógeno; en cambio, si se aplican las dosis 150 y 200 de N, incrementa el costo de producción del maíz (Cuadro 5).

SDMz were not detected significant changes; however, there is a tendency that increasing fertilization dose plant height, ear height and cob health increases are not significantly. The results suggest that not finding significant changes in the phenotypic characteristics (ADP, ADMz and SDMz) of genotypes, it is possible to recommend the application of 100 units of nitrogen; however, if the doses of 150 and 200 N are applied, increases the production cost of corn (Table 5).

When comparing doses of 100 and 200 kg of N applied to maize genotypes tended to increase 900 kg in grain yield t ha⁻¹. Shrestha, (2014) reported that applying 200 kg N in corn, accelerated days to silking and increased stigma number and yield components (Beres *et al.*, 2012; Ciampitti *et al.*, 2012; Ciampitti and Vyn, 2013); however, Kovacs *et al.* (2014), applied 145 units of N and reported an increase in grain yield. Other researchers evaluated the effect of 200 units of N in hybrids BH40625 and BH1576, detecting significant changes in grain yield, leaf area index, dry matter production and

protein content (Sampath *et al.*, 2013). Tafteh and Sepaskhah (2012) reported that the optimum nitrogen application contributes to corn grain yield, in addition it achieves a better leaf area index (Ding *et al.*, 2005), chlorophyll content (Majnooni *et al.*, 2011), available soil moisture, reflects increased grain production (Liu and Zhang, 2007). Mukhtar *et al.* (2011) detected significant changes in plant height, thousand grain weight, grain number per ear, grain weight per ear and grain yield when evaluating hybrid YH1898 and YH1921.

Means comparison of phosphorus doses

When comparing the three fertilizations levels with phosphorus, maize genotypes VS-535, A-7573 and V537C, no significant differences were detected for ADP and RGr,

Cuadro 5. Comparación de medias del efecto de la dosis de fertilización en cuatro variables cuantificadas en tres genotipos de maíz, evaluados en dos localidades.

Table 5. Means comparison of fertilization doses effect in four quantified variables in three maize genotypes, evaluated in two locations.

Variables	Nitrógeno (N)			Media	DMS (0.05)
	100	150	200		
Altura de planta	239.7 a	240.7 a	242.6 a	241.1	7.4
Altura de mazorca	92.3 a	93.8 a	93.3 a	93.2	3.4
Sanidad de la mazorca	7.8 a	8 a	8 a	7.9	0.2
Rendimiento de grano	4.9 ab	5.3 ab	5.8 a	5.4	0.4

DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$); variables con la misma letra son estadísticamente iguales.

Al comparar las dosis 100 y 200 kg de N aplicados a los genotipos de maíz; tendió a incrementar 900 kg en rendimiento de grano t ha^{-1} . Shrestha, (2014), reportó que al aplicar 200 kg de N en maíz, aceleró los días a floración femenina e incrementó el número de estigmas y componentes de rendimiento (Beres *et al.*, 2012; Ciampitti *et al.*, 2012; Ciampitti y Vyn, 2013); en cambio, Kovács *et al.* (2014), aplicaron 145 unidades de N y reportaron un incremento en rendimiento de grano. Otros investigadores evaluaron el efecto de 200 unidades de N en los híbridos BH40625 y BH1576, detectaron cambios significativos en rendimiento de grano, índice de área foliar, producción de materia seca y contenido de proteína (Sampath *et al.*, 2013). Por otra parte, Tafteh y Sepaskhah (2012), reportaron que la aplicación óptima de nitrógeno contribuye en el rendimiento de grano de maíz, además se logra un mejor índice de área foliar (Ding *et al.*, 2005), contenido de clorofila (Majnooni *et al.*, 2011), humedad disponible en el suelo, refleja mayor producción de grano (Liu y Zhang, 2007). Mukhtar *et al.* (2011), detectaron cambios significativos en altura de planta, peso de 1000 semillas, número de granos por mazorca, peso de grano por mazorca y rendimiento de grano al evaluar híbridos YH1898 y YH1921.

Comparación de medias de las dosis de fósforo

Al comparar los tres niveles de fertilización con fósforo, los genotipos VS-535, A-7573 y V537C de maíz, no se detectaron diferencias significativas en ADP y RGr, mientras que en ADMz y SDMz, hubo cambios significativos; los resultados sugieren que los valores más deseables, son los registrados con la aplicación de la dosis de 90 kg ha^{-1} (Cuadro 6).

Al aplicar la dosis de 60 unidades de P, los genotipos de maíz expresaron estadísticamente el mismo rendimiento de grano t ha^{-1} . Los resultados sugieren que la dosis baja (60P) es la adecuada para los tres tipos de maíz, ya que cuando

while in ADMz and SDMz, there were significant changes; the results suggest that the most desirable values, are those recorded with the application dose of 90 kg ha^{-1} (Table 6). When applying the dose of 60 units of P, maize genotypes expressed statistically the same grain yield t ha^{-1} . The results suggest that low dose (60P) is suitable for the three maize types, because when the dose increased to 120 units of P per ha, ADMz, SDMz and RGr values tended to decrease. From the economic point of view it is not convenient to increase phosphorus dose, given that with 60 units of P, similar values to those registered with the application of 120 units of P measured in the four characters evaluated (Table 6) were observed.

According to Onansaya *et al.*, (2009) reported that applying 40 units of P, increased plant height, ear length, grain number per ear, protein content (Singh and Dukey, 1991), grain yield (Wasonga *et al.*, 2008), whereas in our study only trends were observed, probably it is important to increase the number of environments, genotypes and treatments.

Conclusions

Phenotypic characteristics and grain yield were higher in Apaxtla and lower in Iguala, Guerrero. Combinations of nitrogen plus phosphorus, did not affect plant and ear height. N + P applied in genotypes VS-535, A-7573 and V-537C, demanded different combination of fertilizer (200N + 120P, 150N + 90P and 150N + 60P); to express greater cob health. V-537C tended to express the best phenotypic characteristics and grain yield than VS-535 and hybrid A-7573. The application of 100 units of nitrogen recorded statistically similar values in phenotypic characteristics and for grain yield it requires 200 units of N. With the application 90

se incrementó la dosis a 120 unidades de P por ha, tendieron a decrecer los valores de la ADMz, SDMz y RGr. Desde el punto de vista económico no es conveniente incrementar la dosis de fósforo, dado que con 60 unidades de P, se observaron valores semejantes a los registrados con la aplicación de 120 unidades de P en los cuatro caracteres medidos (Cuadro 6).

units of phosphorus per ha, genotypes VS-535, A-7573 and V537C, expressing superior values in plant and ear height, health and grain yield.

End of the English version



Cuadro 6. Comparación de medias del efecto de las dosis de fósforo (P) en características fenotípicas y rendimiento de grano de tres genotipos de maíz, evaluados en Iguala y Teloloapan.

Table 6. Means comparison of phosphorus (P) effect in phenotypic characteristics and grain yield of three maize genotypes evaluated in Iguala and Teloloapan.

Variables	Fósforo (P)			Media	DMS (0.05)
	60	90	120		
Altura de planta	239.7 a	242.9 a	240.5 a	241.1	7.4
Altura de mazorca	92.8 ab	95.2 a	91.5 ab	93.2	3.4
Sanidad de la mazorca	8 ab	8.1 a	7.8 ab	7.9	0.2
Rendimiento de grano	5.4 a	5.5 a	5.2 a	5.4	0.4

DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$). Variables con la misma letra son estadísticamente iguales.

Según Onansaya *et al.* (2009), reportaron que al aplicar 40 unidades de P, incremento la altura de planta, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, contenido de proteína (Singh y Dukey, 1991), rendimiento de grano (Wasonga *et al.*, 2008), mientras que en nuestro estudio solo se observaron tendencias, probablemente es importante incrementar el número de ambientes, genotipos y tratamientos.

Conclusiones

Las características fenotípicas y rendimiento de grano fueron superiores en Apaxtla e inferiores en Iguala, Guerrero. Las combinaciones de nitrógeno más fósforo, no afectaron la altura de planta y de la mazorca. El N+P aplicado en los genotipos VS-535, A-7573 y V-537C, exigieron diferente combinación de fertilizante (200N+120P; 150N+90P y 150N+60P); para expresar mayor sanidad de la mazorca. La V-537C tendió a expresar mejores características fenotípicas y rendimiento de grano que la VS-535 y el híbrido A-7573. La aplicación de 100 unidades de nitrógeno registró valores semejantes estadísticamente en características fenotípicas y para rendimiento de grano se requirieron 200 unidades de N. Con la aplicación de 90 unidades de fósforo por ha, los genotipos VS-535, A-7573 y V537C, expresaron valores superiores en altura de planta y mazorca, sanidad de la mazorca y rendimiento de grano.

Literatura citada

- Adediran, J. A. and Banjoko, V. A. 1995. Response of maize to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers in the Savanna zone of Nigeria. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26(2-4):593-606.
- Agama, A. E.; Juárez, G. E.; Evangelista, L. S.; Rosales, R. O. L. y Bello, P. L. A. 2013. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia.* 47(1):1-12.
- Andrés, M. P.; Sierra, M. M.; Mejía, C. J. A.; Molina, G. J.; Espinosa, C. A.; Gómez M. N. O. y Valdivia, B. R. 2014. Genotype environment interaction in tropical maize varieties developed for the tropical region of Veracruz, México. *Interciencia.* 9(3):180-184.
- Beres, B. L.; McKenzie, R. H.; Dowbenko, R. E.; Badea, C. V. and Spaner, D. M. 2012. Does handling physically alter the coating integrity of ESN urea fertilizer? *Agron. J.* 104(4):1149-1159.
- Ciampitti, I. A.; Zhang, H.; Friedemann, P. and Vyn T. J. 2012. Potential physiological frameworks for mid-season field phenotyping of final plant N uptake, N use efficiency and grain yield in maize. *Crop Sci.* 52(6):2728-2742.
- Ciampitti, I. A. and Vyn, T. J. 2013. Grain nitrogen source changes over time in maize: a Review. *Crop Sci.* 53(2):366-377.
- Ding, L.; Wang, K. J.; Jiang, G. M.; Biswas, D. K.; Xu, H.; Li, L. F. and Li, Y. H. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Ann. Bot.* 96: 925-930.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Ed. UNAM. México, D. F. 217 p.
- Gómez, M. N. O.; Sierra, M. M.; Cantú, A. M. A.; Rodríguez, M. F. A.; Manjarrez, S. M.; González, C. M.; Espinosa, C. A.; Betanzos, M. E.; Córdova, O. H.; Caballero, H. F.; Turrent, F. A.; García, B. A.; Ramírez, G.; Sandoval, R. A.; Coutiño, E. B.; Cervantes, M. E.; Reyes, M. C. y Nava, V. L. 2003. V-537C y V-538C, nuevas variedades de maíz con alta calidad de proteína para el trópico mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(3):213-214.

- Haque, M. M.; Hamid, A. and Bhuiyan, N. I. 2001. Nutrient uptake and productivity as affected by nitrogen and potassium application levels in maize/sweet potato intercropping system. *Korean J. Crop Sci.* 46:1-5.
- Khaliq, T.; Ahmad, A.; Hussain, A. and Ali, M. A. 2009. Maize hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in semiarid environment. *Pak. J. Bot.* 41(1):207-224.
- Kogbe, J. O. S. and Adediran, J. A. 2003. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in the savanna zone of Nigeria. *Afr. J. of Biotech.* 2(10):345-349.
- Kovács, P.; Scoyoc, G. E. V.; Doerge, T. A.; Camberato, J. J. and Vyn, T. J. 2014. Pre-plant anhydrous ammonia placement consequences on no-till versus conventional-till maize growth and nitrogen responses. *Agron. J.* 106(2):634-644.
- Liu, W. Z. and Zhang, X. 2007. Optimizing water and fertilizer input using an elasticity index: a case study with maize in the loess plateau of china. *Field Crops Res.* 100:302-310.
- Majnooni, H. A.; Zand, P. Sh.; Sepaskhah A. R.; Kamgar H. A. A. and Yasrebi J. 2011. Modification and validation of maize simulation model (MSM) at different applied water and nitrogen levels under furrow irrigation. *Arch. Agron. Soil Sci.* 57:401-420.
- Masood, T.; Gul, R.; Munsif, F.; Jalal, F.; Hussain, Z.; Noreen, N.; Khan, H.; Din, N. and Khan, H. 2011. Effect of different phosphorus levels on the yield and yield components of maize. *Sarhad, J. Agric.* 27:167-170.
- Menkir, A. 2008. Genetic variation of grain mineral content in tropical adapted maize inbred lines. *Food Chem.* 110:454-464.
- Mukhtar, T.; Arif M.; Hussain, S.; Tariq, M. and Mehmood, K. 2011. Effect of different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth and yield of maize. *J. Agric. Res.* 49(3):333-339.
- Onasanya, R. O.; Aiyelari, O. P.; Onasanya, S. A.; Oikeh, F. E. N. and Oyelakin, O. O. 2009. Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers in Southern Nigeria. *World J. Agric. Sci.* 5(4):400-407.
- Ortíz, T. E.; Antonio, L. P.; Gil, M. A.; Guerrero, R. J. de D.; López, S. H.; Taboada, G. O. R.; Hernández, G. J. A. y Valadez, R. M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacan Puebla. *Rev. Chap. Ser. Hort.* 19(2):225-238.
- Owens, F. B.; Lipka, A. E.; Lundback, M. M.; Tiede, T.; Diepenbrock, C. H.; Kandianis, C. B.; Kim, E.; Cepela, J.; Mateos, H. M.; Buell, C. R.; Buckler, E. S.; DellaPenna, D.; Gore, M. A. and Rocheford, T. 2014. A Foundation for provitamin A biofortification of maize: genome-wide association and genomic prediction models of carotenoid levels. *Genet.* 198(4):1699-1716.
- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Castillo, G. F.; Ramírez, V. P.; Molina, G. J. D. y Miranda-Colín, S. 2012. Potencial productivo de cruza intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3(1):157-171.
- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Castillo, G. F.; Ramírez, V. P.; Molina, G. J. D. y Miranda, C. S. 2011. Cruzas intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero, México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 2(5):745-757.
- Patel, J. R.; Thaker, K. R.; Patel, A. C. and Parmer, H. P. 1997. Effects of seed rate and nitrogen and phosphorus levels on forage maize varieties. *Gurat Agric. Uni. Res. J.* 23:1-8.
- Pillay, K.; Siwela, M.; Derera, J. and Veldman, F. J. 2014. Provitamin A carotenoids in biofortified maize and their retention during processing and preparation of South African maize foods. *J. Food Sci. Technol.* 51(4):634-644.
- Sampath, O.; Madhavi, M. and Rao, P. Ch. 2013. Evaluation of genotypes and nitrogen levels for yield maximization in rabi maize (*Zea Mays* L.). *Int. J. Innov. Res. Develop.* 2(9):314-318.
- Sánchez, H. M. A.; Aguilar, M. C. U.; Valenzuela, J. N.; Joaquín, T. B. M.; Sánchez, H. C.; Jiménez, R. M. C. y Villanueva, V. C. 2013. Rendimiento en forraje en maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra. *Rev. Mex. Cien. Pec.* 4(3):271-288.
- Shanti, K. V. P.; Rao, M. R.; Reddy, M. S. and Sarma, R. S. 1997. Response of maize (*Zea mays*) hybrid and composite to different levels of nitrogen. *Ind. J. Agric. Sci.* 67:424-425.
- Shrestha, J. 2014. Effect of nitrogen and plant population on flowering and grain yield of winter maize. *Uniq. Res. J. Agric. Sci.* 2(1):1-6.
- Sierra, M.; Palafox, A.; Cano, O.; Uribe, S.; Becerra, E. N.; Lara, D.; Barrón S.; Rodríguez, F.; Romero, J. y Sandoval, A. 2002. Comportamiento de variedades de maíz normal y con alta calidad de proteína para la región Golfo de México. *Agron. Mesoam.* 14(2):135-141.
- Singh, V. K. and Dukey, O. P. 1991. Response of maize to the application of nitrogen and phosphorus. *Current Res. Univ. Agric Sci.* 20:153-154.
- Tafteh, A. and Sepaskhah, A. R. 2012. Yield and nitrogen leaching in maize field under different nitrogen rates and partial root drying irrigation. *Int. J. Plant Prod.* 6, 93-114.
- Torres, M. B.; Coutiño, E. B.; Muñoz, O. A.; Santacruz, V. A.; Mejía, C. J. A.; Serna, S. S. O.; García, L. S. y Palacios, R. N. 2010. Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza Comiteco de Chiapas, México. *Agrociencia.* 44(6):679-689.
- Uribelarrea, M.; Below, F. E. and Moose, S. P. 2004. Grain composition and productivity of maize hybrids derived from the Illinois protein strains in response to variable nitrogen supply. *Crop Sci.* 44:1593-1600.
- Wasonga, C. J.; Sigunga, D. O. and Musandu, A. O. 2008. Phosphorus requirements by maize varieties in different soil types of western kenya. *Afr. Crop Sci. J.* 16(2):161-173.
- Zepeda, B. R.; Carballo, C. A.; Muñoz, O. A.; Mejía, C. J. A.; Figueroa, S. B.; González, C. F. V. y Hernández, A. C. 2009. Proteína, triptófano y componentes estructurales del grano en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) producidos bajo fertirrigación. *Agrociencia.* 43(2):143-152.