

RESPUESTA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A LA APLICACIÓN DE POTASIO EN DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN

RESPONSE OF MAIZE HYBRIDS TO POTASSIUM APPLICATION AT DIFFERENT POPULATION DENSITIES

José Blas Maya Lozano* y José Luis Ramírez Díaz¹

¹ Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Centro de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 12 Carr. Tlajomulco, San Miguel Cuyutlán, Apartado Postal No. 10. C. P. 45640 Tlajomulco, Jalisco. México. Tel. y Fax: 01 (331) 3772-4051, Correo electrónico: cenjal@cirpac.inifap.conacyt.mx.

* Autor responsable

RESUMEN

Los productores de maíz de México se enfrentan permanentemente con el problema de producir más a menor costo. Para lograr un incremento en la relación beneficio/costo, se requiere buscar la combinación óptima de los factores involucrados en la producción de maíz, entre los que destacan: la variedad, la densidad de población, la resistencia a las enfermedades y la nutrición mineral. Aunque se conoce la importancia del potasio en la producción de maíz, en México no se ha observado un efecto positivo del potasio sobre el rendimiento de grano en maíz, o este efecto ha sido muy bajo. La presente investigación se hizo para determinar el efecto de la aplicación de potasio en el rendimiento y el acame del maíz, así como las diferencias genotípicas en la respuesta a la aplicación de potasio y a altas densidades de población. La investigación se condujo en condiciones de temporal o secano en dos localidades representativas de los valles Ahualulco-Etztatlán y Ameca-Cocula, ubicados en la región centro de Jalisco, México. Se estudiaron tres factores: variedades (P-3288, B-840 y HV-313), densidades de población (50, 75 y 100 mil plantas por hectárea), y dosis de potasio (0, 120 y 240 kg ha⁻¹), en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial (3 x 3 x 3). Las variables estudiadas fueron rendimiento de grano (kg ha⁻¹), prolificidad (número de mazorcas cosechadas/número de plantas cosechadas), porcentaje de mazorcas sanas y porcentaje de plantas con acame de raíz y de tallo. No hubo respuesta significativa a las aplicaciones de potasio en ninguna de las variables estudiadas, pues si bien el potasio incrementó el rendimiento de grano en la densidad de 100 mil plantas por hectárea, el rendimiento más alto se obtuvo sin aplicar potasio en la densidad de 50 mil plantas. La interacción variedades x densidades x potasio no fue significativa; sin embargo, las aplicaciones de potasio tendieron a reducir el acame de tallo, especialmente en densidades mayores de 50 000 plantas. Las variedades B 840 y P 3288 redujeron su rendimiento al aumentar la densidad de población, en tanto que HV313 tuvo una tendencia a incrementarlo. El número de mazorcas por planta, sanidad de mazorca y acame de tallo fueron las variables que más influyeron en el rendimiento de grano.

Palabras clave: *Zea mays* L., densidad de población, potasio, acame de tallo, sanidad de mazorca, factores de la producción de maíz, relación beneficio/costo.

SUMMARY

Maize producers in México confront a permanent challenge of getting a greater production at a lower cost. To increase the benefit/cost ratio, requires an optimal combination of factors involved in maize production. Some of these factors are variety, population density, disease resistance and mineral nutrition. The importance of potassium in crop production is well known; however, studies have out in México have showed no relevant effect of potassium application on grain yield. In this research it was studied the effect of potassium on grain yield and stalk lodging, and the genotypic responses to potassium rates combined with high population densities. The study was carried out at two locations representing the conditions of Ahualulco-Etztatlán and Ameca-Cocula valleys, located in the central region of Jalisco, México. Three factors were studied: varieties (P-3288, B-840 and HV-313), population densities (50, 75, and 100 thousand plants per hectare), and potassium rates (0, 120, and 240 kg ha⁻¹). The experimental design was a randomized complete block design with four replications, under a factorial treatment arrangement (3 x 3 x 3). The traits measured were: grain yield (kg ha⁻¹), number of ears per plant, percentage of healthy ears and percentage of plants with stalk and root lodging. Potassium applications did not have a significant effect on any of the studied variables, although it increased grain yield at the highest plant density; however, the highest grain yield was obtained at 50 thousand plants per hectare without potassium application. The interaction varieties x densities x potassium was not significant, but potassium applications tended to reduce stalk lodging, mainly at the density of 50 000 plants. B 840 and P 3288 varieties reduced their yield as plant density increased, while HV 313 tended to increase it. Ears per plant, percentage of healthy ears, and stalk lodging were the more important traits which influenced on grain yield.

Index words: *Zea mays* L., population density, potassium, stalk lodging, healthy ears, maize production factors, benefit /cost relationship.

INTRODUCCIÓN

Los productores de maíz de México se enfrentan de manera permanente a la necesidad de producir más a menor costo; sin embargo, los costos de producción han ido a la alza con la consecuente reducción en los márgenes de ganancia. Se han diseñado diferentes estrategias para elevar la producción, entre las que sobresalen: la generación

de variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento, el uso de altas densidades de población, la determinación de dosis óptimas económicas de fertilizantes químicos y orgánicos, la cosecha mecanizada y la labranza mínima. Un incremento en la relación beneficio/costo requiere de buscar la combinación óptima de los factores mencionados.

Aun cuando se conoce el efecto separado de cada uno de los factores más importantes en la producción, se tienen problemas para definir su combinación óptima, debido a que en la mayoría de los casos, los factores de la producción se han estudiado en un solo genotipo. Por otro lado, en la formación de variedades mejoradas de maíz, muchos mejoradores aplican la selección en una sola densidad de población (generalmente entre 50 y 65 mil plantas por hectárea), y con dosis de fertilización estándar, de tal forma que se desconoce la respuesta de las variedades generadas, a diferentes niveles de los factores de producción a los que son sometidas, cuando éstas son puestas a disposición del productor para su uso comercial.

La densidad de población es uno de los factores que más maneja el productor para incrementar el rendimiento de grano, pero no siempre establece la densidad adecuada. Se usa una densidad de población mayor que la óptima, incrementa la competencia por luz, agua y nutrimentos, lo que ocasiona reducciones en el volumen radical (Duncan, 1969), en el número de mazorcas y en la cantidad de grano por planta (Tanaka y Yamaguchi, 1977; Wilson y Allison, 1978; Poneleit y Egli, 1979); también aumenta la intensidad de las pudriciones de raíz y tallo (Hunter y Francis, 1983; Dodd, 1983), lo que propicia el acame tanto de raíz como de tallo, así como de pudriciones de mazorca y eleva los costos de la cosecha.

Las variedades difieren en su repuesta a las altas densidades de población (Arias *et al.*, 2000; Pinter *et al.*, 1994; Tosquy *et al.*, 1994), en función de su capacidad de producir más de una mazorca por tallo (Russell, 1986; Duvick, 1984;), del tamaño del sistema radical (Nagel, 1973), la resistencia a las pudriciones del tallo (Hunter y Francis, 1983; Dodd, 1983) y de la capacidad de absorción y aprovechamiento de los nutrimentos (Arnold *et al.*, 1974). El potasio es un elemento importante para incrementar el rendimiento de grano y reducir el acame del tallo del maíz; la deficiencia de este elemento tiene relación con la magnitud de la tasa fotosintética y con la senescencia prematura de las plantas (Smith y White, 1988); también interviene como componente estructural del tejido esclerenquimático del tallo (Beriger y Nothdurft, 1985), y su deficiencia causa el deterioro progresivo de los tres nudos basales del tallo del maíz, y el consecuente acame de la planta (Liebhardt y Murdock, 1965; Kayode, 1986). No obstante en México no se ha detectado un efecto positivo a la aplicación de po-

tasio sobre el rendimiento de grano o bien la respuesta ha sido muy baja (Cabrera, 1996; Tosquy *et al.*, 1994).

La presente investigación tuvo como objetivos: a) determinar el efecto del potasio sobre el acame y rendimiento del maíz, y b) determinar las diferencias genotípicas en la respuesta a la aplicación de potasio y a las altas densidades de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se condujo en las localidades de Ameca y Ahualulco, Jal., consideradas representativas de los Valles de Ameca-Cocula y Ahualulco-Etztatlán, respectivamente; ubicadas en la región Centro del estado de Jalisco, México. La textura de suelo predominante es arcillosa para Ameca-Cocula y migajón-arcillosa en Ahualulco-Etztatlán; los experimentos se sembraron en condiciones de temporal o secano, en el ciclo agrícola primavera-verano de 1992.

Se evaluaron tres factores de la producción: variedades, dosis de potasio y densidades de población, cada uno con tres niveles. Las tres variedades seleccionadas fueron los híbridos comerciales HV-313 (intermedio-precoz), B-840 (intermedio) y P-3288 (intermedio-tardío), que cubren la gama de precocidad requerida por los productores de maíz de esta región. Las densidades de población fueron 50, 75 y 100 mil plantas por hectárea, la densidad usada en la región oscila entre 55 y 65 mil plantas. Las dosis de potasio evaluadas fueron 0, 120 y 240 kg ha⁻¹, que se definieron tomando como referencia las dosis que algunos productores aplican al maíz. La combinación de factores y niveles dio un total de 27 tratamientos (factorial 3³).

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental fue de cuatro surcos de 6.0 m de largo espaciados a 0.80 m; como parcela útil se utilizaron los dos surcos centrales; los ensayos fueron iguales en ambas localidades.

Las dosis de potasio, se aplicaron en el momento de la siembra mezcladas con la fórmula de fertilización 100N-92P-00K; se utilizaron como fuentes cloruro de potasio, de nitrato de amonio y superfosfato de calcio triple, para K, N, y P, respectivamente. Para prevenir el ataque de plagas de la raíz, el fertilizante se mezcló con Furadán 5 % G a razón de 20 kg ha⁻¹. El control de la maleza se hizo en preemergencia al cultivo y a la maleza con 5.0 L ha⁻¹ de la mezcla Atrazina + Metaclor. Además, a los 38 días después de la siembra se aplicaron 100 kg de nitrógeno como segunda fertilización nitrogenada.

Las variables registradas fueron:

- a) Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) ajustado a 0 % de humedad (REND), el cual se estimó con la ecuación: $\text{REND} = [(\text{PH}) (\text{FD}) (\text{PMS}) (\text{FC})]/100$; donde PH = peso de mazorca a la humedad de la cosecha; FD = factor de desgrane, obtenido como la relación entre el peso de grano y el peso total de una muestra de cinco mazorcas, PMS = porcentaje de materia seca, estimada como la diferencia de 100 menos el porcentaje de humedad del grano; FC = factor de conversión de kg por parcela a kg ha^{-1} , mediante la relación entre $10\,000 \text{ m}^2$ / área de la parcela útil;
- b) Prolificidad (número de mazorcas por planta) (PRO), calculada por la relación entre el número de mazorcas cosechadas y el número total de plantas, multiplicada por 100,
- c) Porcentaje de mazorcas sanas (SAN), calculado por la relación entre el número de mazorcas dañadas y el número de mazorcas cosechadas, multiplicada por 100.
- d) Acame de raíz y tallo. Estas variables se midieron una semana antes de la cosecha; se consideraron como plantas con acame de raíz (ACR) aquéllas con una inclinación mayor que 30° respecto a la vertical, y como plantas con acame de tallo (ACT), a aquéllas con tallo doblado o quebrado abajo de la mazorca superior; tanto el acame de raíz como de tallo se expresaron como porcentaje del total de plantas en la parcela útil.

Se hicieron análisis de varianza combinando las localidades; además, con el objeto de analizar la respuesta a los factores principales y de sus niveles, se hizo un análisis de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias estadísticas significantes entre localidades en cuanto al rendimiento de grano y prolificidad, pero sí se registraron diferencias estadísticas en las variables sanidad de mazorca y acame de raíz y tallo (Cuadro 1). Entre genotipos y densidades de población hubo diferencias estadísticas significantes para todas las variables, excepto para acame de tallo en el factor densidades de población; entre las dosis de potasio, no hubo diferencias significantes en ninguna de las variables estudiadas (Cuadro 1).

La interacción densidades x variedades fue estadísticamente significativa solamente en el caso del rendimiento de grano y prolificidad; la interacción densidades x potasio resultó significativa para rendimiento de grano y sanidad de mazorca; la interacción densidades x localidad fue significativa para prolificidad y acame de raíz; la interacción variedades x localidad resultó significativa para todas las

variables estudiadas, excepto prolificidad; la interacción de segundo orden, densidades x potasio x localidades resultó significativa estadísticamente para rendimiento de grano y prolificidad. No hubo diferencias significativas en el resto de las interacciones para ninguna de las variables estudiadas (Cuadro 1).

A pesar de que en Ahualulco la sanidad de mazorca fue mayor y el acame de raíz y tallo menor con respecto al experimento de Ameca, no hubo diferencia estadística para las medias de rendimiento de grano entre las localidades, ya que su diferencia fue de sólo 35 kg ha^{-1} . Una posible explicación pudiera ser que no hubo diferencias en prolificidad (Cuadro 2), ya que la correlación entre este carácter y el rendimiento de grano fue positiva y significativa

Cuadro 1. Cuadros medios de los análisis para cinco caracteres agronómicos de tres híbridos de maíz en tres densidades de población y tres dosis de potasio. Ahualulco y Ameca, Jal. 1992.

Fuente de Variación	GL	REND	PROL	SAN	ACR	ACT
Localidades (L)	1	64 274	64	39,117 **	7 538 **	1862 **
Bloques (B)/L	6	11 257 286	260	766	124	276
Densidades (D)	2	5 629 532 **	12 163 **	7 559 **	342 **	238
Variedades (V)	2	9 070 893 **	2 532 **	9 898 **	1 127 **	635 **
Potasio (P)	2	101 258	69	49	4	26
D x V	4	3 100 893 *	245 **	206	40	78
D x P	4	3 671 495 **	100	496 **	77	99
V x P	4	471 723	10	282	52	125
D x G x P	8	515 000	34	197	76	58
D x L	2	2 820 227	251 *	263	308 *	296
V x L	2	5 856 589 **	151	794 **	1 051 **	353 *
P x L	2	336 782	15	52	7	146
D x V x L	4	1 895 414	94	147	46	30
D X P x L	4	3 143 516 *	197 *	199	88	12
V X P X L	4	299 723	113	30	59	158
D X V X P X L	8	1 438 965	90	199	65	72
Error	156	976 432	61	124	81	100

CV (%) 16.1 9.5 18.8 143.3 75.6

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV = coeficiente de variación; GL = grados de libertad; REND = rendimiento de grano ha^{-1} ; PROL = número de mazorcas/planta; SAN = porcentaje de sanidad de mazorca; ACR = porcentaje de acame de raíz; ACT = porcentaje de acame de tallo.

($r = 0.66^{**}$), superior a las correlaciones obtenidas con acame de raíz ($r = 0.013$) y de tallo ($r = -0.33^{**}$) y con sanidad de mazorca ($r = 0.268^{**}$).

Al analizar las medias de densidades de población, el mayor rendimiento de grano se obtuvo en la densidad más baja y disminuyó conforme se incrementó la densidad de población. Esto pudo deberse a que en la densidad más alta, el número de mazorcas se redujo en 27.1 %, la sanidad de mazorca en 28.6 %, y el acame de raíz y tallo se incrementaron en 55.5 % y 27.3 %, respectivamente, aunque no hubo diferencia significativa entre densidades para acame de tallo (Cuadros 1 y 2). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tanaka y Yamaguchi (1977), Wilson y Allison (1978), Poneleit y Egli (1979) y Hunter y Francis (1983). Se deduce entonces que los productores de maíz de las regiones en que se hizo el estudio, están

utilizando una densidad de población apropiada a las características de estas variedades de maíz.

Las variedades P-3288 y HV-313 superaron significativamente en rendimiento de grano al híbrido B-840, lo cual se debe a las diferencias en el número de mazorcas por planta y al mayor acame de raíz de esta última variedad, ya que las diferencias en acame de tallo no fueron estadísticamente significativas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano y características agronómicas en función de cuatro factores de la producción.

Factor	Nivel	REN (kg ha ⁻¹)	PROL (%)	SAN (%)	ACR (%)	ACT (%)
Localidad	Localidad 1	6152 a	83 a	83 a	0 b	10 b
	Localidad 2	6117 a	82 a	45 b	13 a	16 a
Densidad	50 000	6444 a	96 a	70 a	4 b	11 a
	75 000	6057 b	80 b	56 b	6 b	15 a
	100 000	5901 b	70 c	50 b	9 a	14 a
Variedad	P-3288	6474 a	87 a	46 b	4 b	10 a
	HV-313	6162 a	85 a	63 a	4 b	14 a
	B-840	5766 b	76 b	68 a	11 a	16 a
Potasio	0	6135 a	83 a	59 a	6 a	14 a
	120	6172 a	83 a	59 a	7 a	13 a
	240	6097 a	81 a	58 a	6 a	13 a

Localidad 1 = Ahuatlulco; Localidad 2 = Ameca; REND = rendimiento de grano; PROL = número de mazorcas planta; SAN = sanidad de mazorca; ACR = acame de raíz; ACT = porcentaje de acame de tallo.

Como se indicó antes, las diferencias entre las dosis de potasio para las cinco variables estudiadas no fueron estadísticamente significativas; el rendimiento de grano en el tratamiento con cero potasio fue apenas 37 kg ha⁻¹ menor que cuando se aplicaron 120 kg ha⁻¹, pero fue 38 kg ha⁻¹ superior que con la dosis 240 kg ha⁻¹ (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cabrera (1996) y por Cortés y Uvalle (1996) en trigo (*Triticum aestivum*). Aun cuando no hubo respuesta al potasio, antes de hacer una recomendación al respecto se requiere ampliar el estudio a otros sitios dentro de la región y que previo al establecimiento de estas pruebas se contara con los datos históricos del manejo de los suelos en cada sitio, así como también el análisis químico correspondiente de los mismos.

La interacción variedad x densidades de población fue significativa en el caso del rendimiento de grano y la prolificidad. De acuerdo con los coeficientes de regresión, en las variedades B-840 y P-3288 el rendimiento de grano se redujo en 633 y 230 kg h⁻¹ respectivamente, por cada 25 mil plantas de aumento de la densidad de población, lo cual está relacionado con el porcentaje de prolificidad (Cuadro 3). En cambio en la variedad HV-313 el rendimiento de grano no se afectó en forma importante por el incremento de la densidad de población; más bien se observó una tendencia a incrementarse con el aumento de es-

ta, en magnitud de 58 kg ha⁻¹ por cada 25 000 plantas/ha (Cuadro 3).

La respuesta diferencial de las variedades a la densidad de población parece estar asociada en gran medida con sus características arquetípicas, tales como porte bajo, hojas con disposición vertical, precocidad y prolificidad (más de una mazorca por planta) que las hacen aptas para tolerar altas densidades de siembra. El híbrido P-3288 tuvo el número más alto de mazorcas por planta (Cuadro 3); sin embargo, al pasar de 50 a 100 mil plantas ha⁻¹ el número de mazorcas se redujo en 33 %; en B-840 la reducción fue de 26 % y en el híbrido HV-313 de 21 %. Estos resultados

Cuadro 3. Medias de rendimiento de grano de maíz (kg ha⁻¹) y de características agronómicas en las interacciones variedad x densidad (V x D), y potasio x densidad (K x D). Ahuatlulco y Ameca, Jal. 1992.

Interacción	Factor		REND	PROL	SAN	ACR	ACT		
	V	D							
V x D	B-840	50	6475	93	80	10	13		
		75	5614	73	67	10	17		
		100	5210	61	57	13	18		
	P-3288	50	6779	101	58	2	8		
		75	6346	85	43	2	13		
		100	6298	75	36	8	9		
	HV-313	50	6079	95	71	2	14		
		75	6212	84	59	5	14		
		100	6196	75	57	6	15		
	K x D	K	0	50	6646	97	73	5	10
				75	6318	82	59	6	17
				100	5440	69	45	8	15
120		50	6177	95	69	5	12		
		75	6094	81	58	4	14		
		100	6244	73	51	10	13		
240		50	6511	96	68	3	13		
		75	5759	78	52	8	13		
		100	6021	69	54	8	14		

V = Variedad; D = Densidad de población (miles de plantas por hectárea); REND = rendimiento de grano (kg ha⁻¹); PROL = porcentaje del número de mazorcas/planta; SAN = porcentaje de sanidad de mazorca; ACR = porcentaje de acame de raíz; ACT = porcentaje de acame de tallo.

confirman los obtenidos por Pinter *et al.* (1994), Arias *et al.* (2000), Duvick (1984) y Russell (1986). Las variables sanidad de mazorca y acame de raíz y tallo no mostraron efecto de la densidad de población, ya que las diferencias entre variedades mantuvieron su paralelismo al modificarse la densidad de población (Cuadro 3).

La interacción potasio x densidad de población fue significativa sólo para rendimiento de grano (Cuadro 1). A la densidad de 50 mil plantas por hectárea, el rendimiento se redujo en 7 % (472 kg ha⁻¹) y 2 % (135 kg ha⁻¹) cuando se aplicaron 120 y 240 kg de potasio, respectivamente; la aplicación de las mismas cantidades de potasio a la densidad de 75 000 plantas, también determinó una reducción del rendimiento de grano en 4 y 9 % (224 y 559 kg ha⁻¹),

respectivamente. Por el contrario, con la aplicación de 120 y 240 kg ha⁻¹ de potasio a la densidad de 100 mil plantas, se incrementó el rendimiento en 15 y 11 % (804 y 501 kg ha⁻¹), (Cuadro 3). Lo anterior puede indicar que el potasio es un elemento importante en altas densidades de población; no obstante, es necesario señalar, que la media de rendimiento de grano más alta se obtuvo con 50 mil plantas por hectárea y sin aplicar potasio. Esta combinación le resultaría más económica al productor debido al ahorro en costo de semilla y de potasio.

Aunque la interacción potasio x densidad no resultó significativa para acame de tallo (Cuadro 1), es necesario observar que cuando no se aplica potasio, existe una ligera tendencia a incrementarse el acame de tallo al aumentar la densidad de población; sin embargo, en los tratamientos en los que se aplicó potasio, el acame de tallo se mantiene en porcentajes bajos que varían entre 12 y 14 % a través de las densidades de población (Cuadro 3), lo cual puede indicar que el potasio es un elemento importante para mejorar la resistencia del tallo al acame, tal como lo observaron Arnold *et al.* (1974) y Beriger y Nothdurft (1985).

Las interacciones variedad x potasio, y variedad x densidad x potasio tampoco resultaron significantes en ninguna de las variables estudiadas (Cuadro 1), pero existieron algunas tendencias que son de interés señalar; en el caso del rendimiento de grano se observó que a la densidad de 100 mil plantas por hectárea, las variedades tuvieron una respuesta diferencial a la aplicación de potasio. Así, los híbridos B-840 y P-3288 respondieron negativamente a las aplicaciones de potasio; en cambio, HV-313 incrementó su rendimiento de grano en 333 y 126 kg ha⁻¹ al aplicar las dosis de 120 y 240 kg ha⁻¹ de potasio, respectivamente (Cuadro 4); diferencias varietales en la respuesta al potasio fueron también encontradas por Arnold *et al.* (1974).

Acercas de la interacción variedad x densidad x potasio se puede mencionar que el potasio tendió a reducir el acame de tallo, especialmente en las densidades mayores a 50 mil plantas; y que las variedades respondieron en forma diferencial a las aplicaciones de este elemento, ya que en P-3288 se redujo el acame en las tres densidades de población, mientras que en B-840 sólo se redujo en la densidad de 75 mil plantas, y en la de 100 mil plantas por hectárea en el caso de HV313 (Cuadro 5).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede decir que las densidades de población que los productores de maíz utilizan en el área en que se realizó el estudio y que fluctúan entre 50 y 60 mil plantas por hectárea, son apropiadas y acordes al arquetipo de las variedades que siembran, ya que no se observó un efecto positivo en el rendimiento de grano al aumentar la densidad de población al

reducirse el número de mazorcas por planta y la sanidad de éstas; además los acames de raíz y de tallo se incrementaron a medida que la densidad aumentó. En relación a la aplicación de potasio, será necesario tener mayor evidencia experimental sobre su efecto en mayor número de variedades y sitios de la región, antes de hacer alguna recomendación.

Cuadro 4. Comportamiento del rendimiento de grano de maíz (kg ha⁻¹) en la interacción variedad x densidad x potasio. Ahualulco y Ameca, Jal. 1992.

Potasio/Densidad	Densidad			¹ Coef. de Regresión ¹
	50 000	75 000	100 000	
	B-840			
0	6755	5719	4875	-940*
120	5890	5794	5676	-107*
240	6780	5328	5079	-851
Coef. de Regresión	13	-195	102	
	P-3288			
0	6843	6587	5669	-587
120	6713	6206	6464	-125
240	6782	6244	6762	-10
Coef. de Regresión	-30	-171	547	
	HV-313			
0	6341	6649	5775	-283
120	5927	6384	6592	333
240	5970	5704	6221	126
Coef. de Regresión	-185	-472	223	

*Significativo al 0.05 de probabilidad. ¹ Los coeficientes de regresión se obtuvieron tomando como 1, 2 y 3 los niveles de potasio y densidad de población, respectivamente.

Cuadro 5. Comportamiento del acame de tallo (%) en la interacción variedad x densidad x potasio. Ahualulco y Ameca, Jal. 1992.

Potasio	Densidad			¹ Coef. de Regresión
	50 000	75 000	100 000	
	B-840			
0	11	21	17	3.0
120	14	15	16	1.0
240	13	15	20	3.5
Coef. de Regresión	1.0	-3.0	1.5	
	P-3288			
0	8	20	11	1.5
120	9	12	8	-0.5
240	6	8	8	1.0
Coef. de Regresión	-1.0	-6.0	-1.5	
	HV-313			
0	10	12	17	3.5
120	12	15	13	0.5
240	19	15	14	-2.5
Coef. de Regresión	4.5	1.5	-1.5	

¹ Los coeficientes de regresión se obtuvieron tomando como 1, 2 y 3 los niveles de potasio y densidad de población, respectivamente.

Para aumentar el rendimiento de maíz por unidad de superficie en la región central del estado de Jalisco, será necesario que los programas de mejoramiento genético de

este cultivo, formen variedades que tengan las características arquetípicas necesarias para su cultivo en altas densidades de siembra, como serían: porte bajo, sincronía entre las floraciones masculina y femenina, espiga simple, hojas cortas y delgadas con disposición vertical en el tallo, prolificidad (más de una mazorca por planta), alto índice de cosecha, alta eficiencia fotosintética, resistencia a los acames de raíz y de tallo que son causados por plagas de la raíz (*Phillophaga* spp., *Ciclocephala* spp., *Diabrotica* spp. y *Colaspis* spp, barrenadores del tallo (*Calendra* spp. y *Diatraea* spp.) y enfermedades fungosas como *Fusarium* spp y *Diplodia maydis*. También se considera necesario que tanto la selección de progenitores y su evaluación se lleve a cabo a una densidad mayor que la que se usa en la actualidad y que podría ser entre 70 y 80 mil plantas por hectárea.

La complejidad inherente en la formación de variedades con las características mencionadas requiere de la integración de equipos interdisciplinarios integrados por fitomejoradores, fisiólogos vegetales, fitopatólogos, entomólogos, edafólogos, etc. Sin embargo, los esfuerzos en este sentido son todavía escasos.

CONCLUSIONES

En la densidad de 50 mil plantas por hectárea se obtuvo el mayor rendimiento de grano; esta densidad coincide con la que utilizan los productores en la región en que se hizo el estudio.

Las variedades estudiadas respondieron en forma diferente al incremento de la densidad de población. En B840 y P-3288 el rendimiento de grano se redujo al incrementarse la densidad de población, mientras que en HV-313 se incrementó ligeramente, lo cual podría atribuirse a las características arquetípicas de cada una de ellas.

La respuesta a las aplicaciones de potasio no fue significativa en ninguna de las variables estudiadas. No obstante que la aplicación de potasio incrementó el rendimiento de grano en la densidad de 100 mil plantas, la media más alta de rendimiento de grano se obtuvo con 50 mil plantas por hectárea, sin aplicación de potasio.

Dadas las diferencias genéticas de las variedades estudiadas, no es posible generalizar la respuesta de las variedades a la densidad de población y aplicación de potasio por lo que es necesario definir un conjunto específico de recomendaciones de producción para cada variedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias V H, M G Domínguez, M Vera, J I Vázquez, J L Arellano, M E Sosa, M R Tovar (2000) Efecto de genotipo, densidad de población y Fertilización sobre el rendimiento del maíz para forraje. Memoria XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Irapuato, Gto. p. 148.
- Arnold J M, L M Josephson, W L Parks, H C Kincer (1974) Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium applications on stalk quality characteristics and yield of corn. *Agron. J.* 66: 605-608.
- Beringer H, F Nothdurft (1985) *In: Munson RD (ed). Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. USA. pp: 351-367.*
- Cabrera C F (1996) El rendimiento del maíz en relación con los factores humedad del suelo y nutrientes NPK. Memoria XX VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Ciudad Obregón, Son. p. 198.
- Cortes J, J M, J J Uvalle B (1996) Respuesta del trigo a la aplicación del potasio en el Valle del Yaqui, Son. *In: V Ordaz Ch, G Alcantara G, C Castro B (eds) La Investigación Edafológica en México 1995-1996. Memorias XX VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Ciudad Obregón, Son. p. 213.*
- Dodd J L (1983) Corn stalk rot: accounting for annual changes. 38th Annual Corn and Sorghum Research Conference. ASTA. Chicago, Ill. pp: 71-79.
- Duncan W G (1969) Cultural manipulation for higher yields. *In: JD Eastin, FA Haskins, CY Sullivan, CHM Van Bavel (eds). Physiological Aspects of Crop Yield. Amer. Soc. Agron. Madison, Wi. USA: pp: 327-342.*
- Duvick D N (1984) Genetic contribution to yield gains of U. S. hybrid maize, 1930 to 1980. *In: Fehr W R (ed) Genetic Contribution to Yield Gains of Five Major Crop Plants. Crop Sci. Soc. Amer. Special Publication No. 7. Madison, WI. pp: 15-47.*
- Hunter R B, T R Francis (1983) Good ears on good stalks a challenge for corn breeders. 38th Annual Corn and Sorghum Research Conference. ASTA. Chicago, Ill. pp: 71-79.
- Kayode G D (1986) Further studies on the response of maize to K fertilizer in the tropics. *J. Agric. Sci., Camb.* 107: 141-147.
- Liehardt W C, J T Murdock (1965) Effect of potassium on morphology and lodging of corn. *Agron. J.* 57: 325-328.
- Nagel C M (1973) Techniques and methods useful in the selection of root and stalk rot resistance. 28th Annual Corn & Sorghum Research Conference. ASTA. Chicago Ill. pp: 51-57.
- Pinter L, Z Afoldi, Z Burucs, E Paldi (1994) Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agron. J.* 86: 799-804.
- Poneleit C G, D B Egli (1979) Kernel growth rate and duration in maize affected by plant density and genotype. *Crop Sci.* 19: 385-388.
- Russell W A (1986) Contribution of breeding to maize improvement in the United States, 1920-1980s. *Iowa State Journal of Research* 61: 5-34.
- Smith D R, D G White (1988) Diseases of corn. *In: GF Sprague and JW Dudley (eds.). Corn and Corn Improvement. ASA-CSSA-SSSA. Agronomy Monograph No. 18 Third Edition. Madison, Wi. USA. pp: 687-766.*
- Tanaka A, J Yamaguchi (1977) Producción de Materia Seca, Componentes del Rendimiento y Rendimiento del Grano de Maíz. Trad. J Kohashi S. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp: 84-105.
- Tosquy V O H, G Castañón, M Sierra, R A Castillo, F A Rodríguez J Romero (1994) Efecto de cinco factores en el rendimiento de maíz en el trópico húmedo. *In: Memoria del XI Congreso Latinoamericano de Genética; XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N.L. p. 620.*
- Wilson J H, J C S Allison (1978) Effect of plant population on ear differentiation and growth in maize. *Ann. Appl. Biol.* 90:12-132

