

EFECTO DEL ETHREL SOBRE EL ACAME, EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN LAS VARIEDADES DE MAÍZ V-18 Y H-139

EFFECT OF ETHREL ON LODGING RESISTANCE, YIELD AND YIELD COMPONENTS OF V-18 AND H-139 MAIZE GENOTYPES

José Luis Arellano Vázquez¹, Yolanda Salinas Moreno¹ y Agustín Mendoza Zamora²

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer los efectos de la concentración y época de aplicación del ácido 2-cloroetil fosfónico (ethrel) sobre el grado de acame, el rendimiento y sus componentes, la longitud del tallo, el área foliar de la hoja de la mazorca principal y el peso seco de la planta en las variedades de maíz (*Zea mays* L.) V-18 y H-139. El ethrel se aplicó a las dosis de 0, 140 y 280 g ha⁻¹ de ingrediente activo en las etapas de diferenciación de la espiga y diferenciación de la mazorca principal. Se utilizó el arreglo de tratamientos de parcelas subdivididas bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El experimento se estableció en terrenos del campo experimental Santa Lucía Coatlinchán, Edo. de México, México. La concentración de 280 g ha⁻¹ de ethrel redujo el área foliar de la hoja de la mazorca principal al momento de la antesis en 13%, el peso seco total de la planta en antesis en 15%, la longitud de los entrenudos del tercio inferior del tallo en 3.4 cm, la altura de planta en 28 cm, el acame de las variedades en 25%; redujo también, el período a la madurez fisiológica en 12 días y el rendimiento de grano por hectárea en 13%, debido principalmente a la reducción en los componentes número de granos y peso de grano por metro cuadrado. La aplicación de ethrel en la etapa diferenciación de la mazorca redujo en mayor magnitud el acame y el área foliar de la hoja de la mazorca. El híbrido H-139 presentó mayor rendimiento y resistencia al acame. En ambas variedades se observó una correlación negativa entre la concentración de ethrel aplicado y el grado de acame, ($r = -0.48^*$

en V-18 y $r = -0.57^{**}$ en H-139), también se observó una correlación positiva entre el acame y el área foliar de la hoja de la mazorca ($r = 0.75^{**}$ en V-18 y $r = 0.76^{**}$ en H-139), y entre el acame y el peso seco total de planta a la cosecha ($r = 0.52^{**}$ en V-18 y $r = 0.66^{**}$ en H-139).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., area foliar, materia seca, entrenudos, diferenciación espiga, diferenciación mazorca.

SUMMARY

In order to determine the effect of rate and application time of 2-chloroethyl phosphonic acid (ethrel) on lodging, ear leaf area, plant dry weight, grain yield and yield components, rates of 0, 140 and 280 g per hectare of ethrel were applied at tassel primordia differentiation and ear primordia differentiation stages in the V-18 and H-139 maize (*Zea mays* L.) genotypes. A randomized complete blocks design with three replications and a split-split-plot treatments arrangement was used. Applications of 280 g ha⁻¹ of ethrel reduced significantly ear leaf area (13%), total dry weight at tassel (15%), internodes length of the stem basal portion (3.4 cm), plant height (28 cm), lodging (25%), physiological maturity period (12 days) and grain yield (13%). Reduction of grain yield was due probably to decreased grains number and grain weight per square meter. Ethrel applied at ear primordia differentiation stage reduced in more extent lodging and ear leaf area than application at tassel primordia differentiation stage. The hybrid H-139 showed greater grain yield and lodging resistance than V-18 variety. Both genotypes showed negative correlation between application rate of ethrel and lodging, and positive correlation of lodging with ear leaf area and plant dry weight at harvest time.

1 Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Apdo. Postal 10. C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01(595) 4-65-28

2 Depto. de Ingeniería Agrícola FESC.UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Tel. y Fax: 01(5) 623-1840

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., plant dry weight, ear leaf area, internodes, tassel primordia differentiation, ear primordia differentiation.

INTRODUCCIÓN

El término acame en plantas lo definió Jugenheimer (1981) como la caída o inclinación de la planta en un ángulo de 45° o menos respecto al suelo. El acame en el cultivo del maíz sucede en distintas etapas del desarrollo porque existen diversos factores que lo inducen, entre ellos las variables del clima, suelos húmedos y susceptibilidad de la variedad (Carter, 1985), lo cual durante el período de llenado de grano reduce el rendimiento del grano, por restringir principalmente la traslocación de fotosintatos al grano y por dificultar la cosecha mecánica (Wiersma *et al.*, 1986).

Existen dos tipos de acame: a), el acame de tallo que se presenta cuando el tallo se dobla o se rompe por de bajo de la mazorca (Poehlman, 1987) y b), el acame de raíz que ocurre cuando la estructura de la raíz es incapaz de sostener el peso de la parte aérea de la planta (Vaidya y Mahab, 1988). Respecto al acame de tallo, se considera que la altura de planta es uno de los caracteres predominantes que lo determinan, Esehie (1985) observó una correlación positiva entre la longitud basal de los entrenudos del tallo y el acame, así también Vaidya y Mahab (1988) indican que la altura de la planta propicia que se intensifique la fuerza de movimiento del viento y ambos incrementen el peso soportado por los entrenudos inferiores del tallo, lo que promueve el acame, en tanto que Stamp y Kiel (1992) encontraron que el acame se correlaciona negativamente con el diametro basal del entrenudo, el grosor de la corteza y el peso de la sección basal de los entrenudos del tallo. Respecto al acame propiciado por la raíz, se considera que los

gusanos de la especie diabrotica que se alimentan de la raíz son una de las causas principales del acame (Beck, 1985), en tanto que Grancher *et al.* (1981, citados por Beck, 1985) encontraron una correlación negativa entre acame de raíz y número de raíces.

El ethrel es un regulador del crecimiento de la planta que se ha usado en la producción de cereales de grano pequeño para reducir el acame y mejorar el rendimiento, su acción es responsable del acortamiento de los entrenudos por medio de la inhibición de la división y el alargamiento celular (Burg *et al.*, 1971). El ethrel al estar en el tejido de la planta, estimula la síntesis de etileno y éste a su vez inhibe el movimiento de las auxinas en los tejidos del tallo, lo cual reduce el alargamiento del tallo (Dahnous *et al.*, 1982). En híbridos de maíz la aplicación de ethrel a una concentración de 140 g ha⁻¹ redujo la altura de la planta, incrementó el desarrollo de las raíces de anclaje e incrementó el rendimiento en 4.3%, sin embargo, a una concentración de 560 g ha⁻¹ redujo el rendimiento en 7.5% (Langan y Oplinger, 1987). En general se ha observado que el ethrel tiene un efecto sobre el rendimiento dependiendo del tipo de variedad, época fenológica de aplicación y la concentración, de este modo, se ha observado que las aplicaciones durante la etapa inicial del desarrollo de la espiga afectan menos el rendimiento y que la aplicación de altas concentraciones de ethrel reduce el acame durante la época de cosecha en un 87%, la altura de planta y la altura a la mazorca en 16 y 13%, respectivamente, y el rendimiento en 13% (Gaska y Oplinger, 1988a).

En relación con el efecto del ethrel sobre la estructura de la planta, Early y Slife (1969) notaron reducciones en el área foliar por planta cuando éste se aplicó a una altura de planta de 0.3 m en concentraciones de 560 a 2,240 g ha⁻¹, mientras que Norberg *et al.* (1988) ob-

servaron que con una concentración de 560 g ha⁻¹ se redujo el rendimiento en 9%, el peso de grano en 2%, el número de granos por mazorca en 9%, y el número de mazorcas por metro cuadrado en 1%. También se ha observado que por aplicación de concentraciones altas se reduce hasta en 20% el período de la antesis a la cosecha (Gaska y Oplinger, 1988b). Respecto a la época de aplicación del ethrel en maíz, se ha observado que en la etapa de diferenciación de la espiga reduce el alargamiento de los entrenudos inferiores a la mazorca, y aplicado en la diferenciación de la mazorca reduce los entrenudos superiores a la mazorca (Khosravi y Anderson, 1991).

Por lo general en los valles altos de la mesa central de México se cultivan variedades de maíz de porte alto (2.5 a 3.0 m) ya sean criollos o híbridos; con deficiente resistencia genética al acame, por lo que la incidencia de lluvias asociada con la presencia de vientos intensos durante la época de floración y del llenado de grano, causan daño severo de acame y pérdidas del rendimiento. El presente estudio se realizó con el objetivo de cuantificar el efecto de la concentración y la época de aplicación del ethrel sobre la magnitud del acame, el rendimiento de grano y sus componentes, la longitud de los entrenudos, el peso seco de la planta y el área foliar de dos variedades de maíz de porte alto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en terrenos del Campo Experimental de Santa Lucía Coatlinchán Edo. de México del Centro de Investigaciones Región Centro, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado a 19° 17' Latitud Norte y 98° 53' Longitud Oeste, a una altitud de 2,249 m.s.n.m., con clima templado frío y precipitación pluvial promedio de

670 mm y 15°C de temperatura promedio (Velázquez, 1992).

Se utilizaron las variedades de maíz V-18 de polinización libre tipo "chalqueño" y el híbrido experimental de cruza doble H-139 tipo "chalqueño x cónico". Ambas variedades presentan un porte de planta superior a los tres metros. El acame de tallo observado en V-18 es superior al 40%, mientras que en H-139 es de 10%. La densidad de siembra fue de 60 mil plantas ha⁻¹, la fórmula de fertilización empleada fue 180-90-00 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, de la cual se aplicó 90-90-00 al momento de la siembra y 90-00-00 después de 40 días de la siembra. El control de malezas y plagas se realizó de acuerdo a lo citado por Albarrán *et al.* (1990). El experimento recibió riego al momento de la siembra, a los 40, 90 y 140 días después de la siembra. Las concentraciones del regulador de crecimiento vegetal, el ácido 2-cloroetil fosfónico, con el nombre comercial de Ethrel 250 CE-Ethephon fueron: 0, 140 y 280 g ha⁻¹, similares a las estudiadas por Norberg *et al.*, (1988) las cuales fueron aplicadas considerando que su acción en la etapa de diferenciación de la espiga reduce el alargamiento de los entrenudos inferiores a la mazorca, mientras que su acción en la etapa de diferenciación de la mazorca, reduce el alargamiento de los entrenudos superiores a la mazorca como lo indica Khosravi y Anderson (1991). Con base en esta información, la aplicación se realizó al inicio del desarrollo de la inflorescencia masculina (2-4 mm de longitud del ápice de la inflorescencia a los 34 días después de la siembra), y al inicio del desarrollo de la inflorescencia femenina (2-4 mm de longitud del ápice de la mazorca principal a los 51 días después de la siembra). Para la detección de las estructuras morfológicas indicadas, se tomaron como referencia las ilustraciones del desarrollo de las inflorescencias del maíz presentadas por Bonnett (1976) y la descripción de las etapas de

desarrollo del maíz presentadas por Hanway (1971). Para la disección y observación de los ápices de la espiga y la mazorca, se contó con el auxilio de un microscopio esteroscópico.

Se utilizó el arreglo de tratamientos de parcelas subdivididas en el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la parcela principal estuvo constituida por las concentraciones de ethrel, la subparcela por las épocas de aplicación de ethrel y la subsubparcela por las variedades. La siembra se realizó el 17 de mayo de 1993.

Se registraron datos de materia seca total de la planta al momento de la antesis y materia seca total de la planta a la cosecha, éstos datos representaron el peso seco promedio en gramos de cuatro plantas por parcela y que se secaron en una estufa a 80° C hasta obtener peso seco constante. Área foliar de la hoja de la mazorca principal en la época de antesis, registrada en cm² de acuerdo con Montgomery (1911, citado por Ramírez, 1985) quien observó que el área foliar de la hoja de la mazorca tiene alta correlación con el área foliar total de la planta. Días a floración femenina, registrados como el número de días contados a partir de la emergencia de la plántula hasta el momento en que el 50% de las plantas de la parcela tuviera sus estigmas expuestos. Días a madurez fisiológica, registrados de acuerdo con Daynard y Duncan (1969). Acame, registrado en la época de madurez fisiológica como el porcentaje de plantas inclinadas en un ángulo igual o menor a 45° respecto a la superficie del suelo. Peso de grano, como el peso promedio del grano de cinco plantas por parcela en gramos obtenido al momento de la cosecha. Rendimiento de grano en kg ha⁻¹, obtenido del peso total de grano de las plantas presentes por parcela y ajustado al contenido de humedad de grano comercial de 14%. Longitud de los entrenudos del tallo, representada por la longitud promedio de los entrenudos de cinco plantas por parcela en cm,

éste dato se registró en los tercios inferior, medio y superior del tallo al momento de la cosecha. Altura de planta y altura a la base de la mazorca principal, registradas después de la floración femenina, como un promedio de cinco plantas por parcela y representadas por la distancia en cm entre la superficie del suelo y la base de la espiga y la base de la mazorca principal, respectivamente. Peso de mazorca por m² en kilogramos por parcela al momento de la cosecha. Longitud promedio de la mazorca en cm, registrada en una muestra de cinco mazorcas por parcela. Número promedio de granos por mazorca, en una muestra de cinco mazorcas por parcela. Número de granos por m², obtenido en una superficie que cubre cinco mazorcas por parcela. Peso promedio de 100 granos en gramos, obtenido en una muestra de cinco mazorcas por parcela y Peso de grano por m² en gramos, obtenido en una superficie que cubre cinco mazorcas por parcela.

Se realizaron análisis de varianza y prueba de medias por carácter cuantificado, adicionalmente se realizó análisis de correlación lineal entre los caracteres de la planta y los componentes del rendimiento por variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca y área foliar

En la prueba de comparación de medias entre dosis de aplicación de ethrel para los caracteres materia seca y área foliar se detectó que la dosis de 280 g ha⁻¹ redujo significativamente el área foliar de la hoja de la mazorca principal en 13 % (Cuadro 1), una tendencia similar fue observada por Early y Slife (1969). También se redujo la materia seca acumulada en la planta al momento de la antesis en 15%, sin embargo, no redujo la cantidad de materia seca acumulada hasta el momento de la cosecha (Cuadro 1). De estos resultados se puede inferir que la dosis alta de ethrel al reducir la expan-

sión del área foliar, de manera inherente reduce el peso seco de la planta producido hasta el momento de la floración femenina, sin afectar la materia seca producida del momento de la antesis a la madurez fisiológica. Al respecto Gutiérrez (1984) observó que la eliminación de la hoja de la mazorca después de la antesis, no afectó el peso seco total de la planta, explicando esto en términos de que el maíz tiene una área foliar con una capacidad fotosintética que excede la demanda de fotosintatos requeridos por la planta para la acumulación de materia seca.

Ahora bien, en la prueba de medias entre etapas de aplicación del ethrel para los caracteres de materia seca y área foliar, se observó que la aplicación de ethrel en etapa de diferenciación de la mazorca redujo significativamente en 81.0 cm² el área foliar de la hoja de la mazorca, respecto a la aplicación realizada durante la etapa de diferenciación de la espiga; sin em-

bargo, esa aplicación no modificó significativamente la materia seca producida por la planta al momento de antesis y a la cosecha. Respecto a la prueba de medias entre variedades para esos caracteres, sólo se observaron diferencias significativas en materia seca producida por la planta al momento de la antesis, así, la variedad V-18 superó al H-139 en 8.9 g por planta (Cuadro 1).

Los efectos más determinantes de la aplicación de ethrel en la etapa de diferenciación de la mazorca, sobre la expresión del acame y los caracteres de planta, también fueron observados por Norberg *et al.* (1988).

Días a floración femenina, madurez fisiológica, acame, peso de grano por mazorca y rendimiento de grano

En la prueba de medias entre dosis de aplicación de ethrel para los caracteres de días a

Cuadro 1. Comparación de medias para área foliar y materia seca de la planta en antesis y a la cosecha de dos variedades de maíz bajo el efecto de dosis y etapas de aplicación de ethrel.

Dosis de ethrel g ha ⁻¹	MSA	%	MSC	%	AFHOMA	%
0	120.5 a	100	428.0 a	100	725.3 a	100
140	105.9 b	87	346.0 a	80	666.5 ab	91
280	102.9 b	85	416.3 a	97	635.7 b	87
DSH	5.0		254.7		70.4	
Etapas de aplicación						
Diferenciación espiga	110.2 a		392.1 a		716.3 a	
Diferenciación mazorca	109.3 a		401.3 a		635.3 a	
DSH	12.6		14.2		76.5	
Variedades						
V-18	114.2 a		392.1 a		673.2 a	
H-139	105.3 a		401.3 b		678.5 a	
DSH	5.2		52.7		55.6	

DHS = diferencia significativa honesta. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

MSA = Materia seca acumulada al momento de la antesis en gramos

MSC = Materia seca acumulada al momento de la cosecha en gramos

AFHOMA = Área foliar de la hoja de la mazorca principal en centímetros cuadrado

floración femenina, días a madurez fisiológica, acame y rendimiento de grano (Cuadro 2) se observó que la aplicación de 280 g ha⁻¹ redujo en 12 días el período a madurez fisiológica y el acame en 25.4 %. Resultados en el mismo sentido fueron observados por Gaska y Oplinger, (1988b) para el período a madurez fisiológica. En relación con la reducción del período a la madurez fisiológica del grano, se puede señalar que la concentración alta de ethrel, al reducir la expresión del área foliar, también reduce la disponibilidad de productos de la fotosíntesis que requieren las estructuras de la planta, como lo indican la reducción del peso del grano por planta de 15.6 g (12%) y la

del rendimiento de grano de 682 kg ha⁻¹ (13%) (Cuadro 2), similar a lo observado por Gaska y Oplinger (1988a), por lo cual se acelera la madurez del grano como lo detectó Jones y Simons, (1983). En relación con la reducción en el acame, ésta se podría explicar con base en la reducción en el peso de materia seca de la planta expresado al momento de la anthesis (Cuadro 1), además de la reducción en la longitud de los entrenudos del tercio inferior y medio del tallo y la reducción en altura de planta y altura del tallo a la base de la mazorca como se observará más adelante.

Cuadro 2. Comparación de medias para los caracteres días a floración femenina, días a madurez fisiológica, acame y rendimiento de grano de dos variedades de maíz bajo el efecto de dosis de ethrel y etapas de aplicación.

Dosis Ethrel g ha ⁻¹	FLORF (días)	MADFIS (días)	ACAME (%)	PGRANO (g)	REND (kg ha ⁻¹)
0	95.6 a	188.0 a	43.3 a	143.1 a	5,469 a
140	96.5 a	188.0 a	27.2 a	117.4 a	4,850 a
280	96.5 a	176.0 b	17.9 b	127.5 a	4,787 a
DSH	2.6	2.6	25.1	39.3	1,109
Etapa de aplicación					
Diferenc. espi- ga	97.5 a	182.1 b	37.7 a	127.8 a	5,105 a
Diferenc. ma- zorca	95.5 a	186.0 a	21.2 b	130.8 a	4,966 a
DSH	2.1	1.3	10.6	27.0	613.3
Variedad					
V-18	97.2 a	184.4 a	34.8 a	130.6 a	4,324 b
H-139	95.2 b	183.6 a	24.1 b	128.1 a	5,747 a
DSH	1.3	1.1	10.7	26.1	699.4

DHS = diferencia significativa honesta. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

FLORF = Días a floración femenina

ACAME = Plantas acamadas

PGRANO = Peso de grano por mazorca a la cosecha

MADFIS = Días a madurez fisiológica

REND = Rendimiento de grano

Cuadro 3. Comparación de medias de la longitud de los entrenudos del tercio inferior, medio y superior del tallo de dos variedades de maíz bajo el efecto de dosis y épocas de aplicación de ethrel.

Dosis de ethrel (g ha ⁻¹)	LEPIT (cm)	LEPMT (cm)	LEPST (cm)
0	22.5 a	21.3 a	17.4 a
140	19.4 a	20.7 a	17.6 a
280	19.1 b	20.2 a	18.1 ^a
DSH	3.3	1.4	2.0
Etapas de aplicación			
Diferenciación espiga	21.1 a	21.3 a	17.5 a
Diferenciación mazorca	19.4 b	20.1 b	18.0 a
DSH	1.6	1.1	1.4
Variedades			
V-18	20.7 a	21.5 a	18.0 a
H-139	20.3 a	20.0 b	17.5 a
DSH	1.5	1.1	1.1

DSH = Diferencia significativa honesta. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

LEPIT = Longitud de los entrenudos de la parte inferior del tallo en cm

LEPMT = Longitud de los entrenudos de la parte media del tallo en cm

LEPST = Longitud de los entrenudos de la parte superior del tallo en cm

En la prueba de medias entre etapas de aplicación de ethrel para los caracteres días a floración femenina, días a madurez fisiológica, acame y rendimiento de grano, se observó que la aplicación de ethrel en la etapa de diferenciación de la espiga redujo estadísticamente en 3.9 días el período a la madurez fisiológica del grano, respecto al del la diferenciación de la mazorca, en tanto que, la aplicación en la etapa de diferenciación de la mazorca redujo el acame en 16.5%, respecto al exhibido cuando la aplicación se hace en época de diferenciación de la espiga, resultado que concuerda con lo observado por Norberg *et al.* (1988), sin embargo, la aplicación de ethrel en cualquier etapa no afectó significativamente el peso de

grano de mazorca a la cosecha ni el rendimiento de grano ha⁻¹ (Cuadro 2).

Ahora bien, considerando la prueba de medias entre variedades para los caracteres de floración, acame y rendimiento de grano, se observaron diferencias significativas en acame, así, el híbrido H-139 presentó 10.7 % menos que V-18, mientras que en rendimiento de grano H-139 fue superior a V-18 en 1,423 kg ha⁻¹. En período a la madurez fisiológica del grano y peso de grano por mazorca, ambas variedades resultaron estadísticamente similares (Cuadro 2). Las diferencias en rendimiento de grano y nivel de acame entre las variedades estudiadas, se pueden atribuir principalmente a diferencias en la constitución genética de las variedades y a la heterosis o vigor híbrido que para éstos

Longitud de los entrenudos del tallo

Respecto a la prueba de medias entre dosis de aplicación de ethrel para longitud de los entrenudos (Cuadro 3), se observó una reducción significativa de 3.4 cm en la longitud de los entrenudos del tercio inferior del tallo por efecto de la aplicación de 280 g de ethrel, lo cual se puede atribuir a la inhibición de la división y el alargamiento celular en los entrenudos como lo indican Burg *et al.* (1971) y Dahnous *et al.* (1982), mientras que en la prueba de medias entre etapas de aplicación de ethrel, se detectaron diferencias significativas en longitud de los entrenudos del tercio inferior y medio del tallo de 1.7 y 1.2 cm, respectivamente, por efecto de la aplicación del etherel en etapa de la diferenciación de la mazorca. En la prueba de medias entre variedades se observaron diferencias de 1.5 cm en la longitud de los entrenudos del tercio medio del tallo a favor de la variedad V-18. Lo cual se explica en términos de diferencias varietales para ese carácter (Cuadro 3).

Componentes del rendimiento

En la prueba de comparación de medias entre dosis de ethrel, se apreció una reducción significativa en la altura de la planta de 35 cm por efecto de la aplicación de 140 g de ethrel (Cuadro 4), mientras que la altura a la mazorca se redujo 23.5 cm por la aplicación de 280 g de ethrel. Las componentes peso de mazorca, longitud de mazorca y granos por mazorca no fueron afectados significativamente por la mayor dosis de ethrel, no obstante, la reducción de 34.4 granos por mazorca (9%) por efecto de la aplicación de 280 g de ethrel concuerda con lo observado por Norberg *et al.*, (1988). Las componentes del rendimiento, número de granos y peso de granos por metro cuadrado se redujeron significativamente en 768.2 granos (30%) y en 0.22 kg (37%), respectivamente, por efecto de la aplicación de

280 g de ethrel (Cuadro 4). En la prueba de medias entre variedades, H-139 presentó mayor peso de mazorca, número de granos y peso de granos por metro cuadrado, respecto a la variedad V-18, lo cual podría atribuirse al efecto de heterosis o vigor híbrido que para esos caracteres expresa en mayor magnitud el híbrido H-139 (Cuadro 4).

Correlación entre componentes del rendimiento

En ambas variedades se observó correlación entre acame y área foliar de la hoja de la mazorca principal ($r = 0.75^{***}$ en V-18, $r = 0.76^{**}$ en H-139), y entre acame y peso seco total de planta al momento de la cosecha ($r = 0.52^{**}$ en V-18, $r = 0.66^{**}$ en H-139), lo cual significa que la magnitud mayor del acame está directamente relacionada con la mayor expresión del área foliar y el peso seco de la planta al momento de la cosecha. También en ambas variedades se detectó correlación en sentido negativo y significativo entre acame y concentración de ethrel ($r = -0.48^{**}$ en V-18 y $r = -0.57^{**}$ en H-139), lo cual indica que el porcentaje de plantas acamadas fue menor al aplicar la mayor concentración de ethrel. En el H-139 el rendimiento correlacionó con el peso seco total de planta a la cosecha ($r = 0.49^{**}$), esto significa que en ésta variedad el mayor peso seco de planta a la cosecha le confiere mayor rendimiento de grano.

CONCLUSIONES

La aplicación de 280 g ha⁻¹ de ethrel redujo el acame de tallo en 25%, sin embargo también redujo el área foliar de la hoja de la mazorca principal en 13%, la materia seca de la planta al momento de la antesis en 15%, el rendimiento de grano en 13% y el período a la madurez fisiológica del grano en 12 días en las variedades estudiadas.

La aplicación de 280 g ha⁻¹ de ethrel redujo la longitud de los entrenudos del tercio inferior del tallo de las variedades en 3.4 cm, la altura de la planta en 28.0 cm y la altura a la base de la mazorca en 23.5 cm.

La reducción del rendimiento de grano por hectárea por efecto de la aplicación de 280 g ha⁻¹ de ethrel, puede atribuirse principalmente a la reducción en el área foliar, la materia seca acumulada en la planta al momento de la antesis, el número de granos y el peso de grano por metro cuadrado de terreno.

La aplicación del ethrel en la etapa de inicio del desarrollo de la mazorca principal redujo significativamente el acame en mayor magnitud que la aplicación al inicio del desarrollo de la espiga.

Entre las variedades estudiadas el híbrido de maíz H-139 presento mayor rendimiento y menor porcentaje de acame que la variedad de polinización libre V-18.

Cuadro 4. Comparación de medias para caracteres de planta y componentes del rendimiento de dos variedades de maíz bajo el efecto de dosis y etapas de aplicación de ethrel.

Dosis ethrel	ALTPL (cm)	ALTMAZ (cm)	PEMAZ (kg)	LONMAZ (cm)	GRANO (No.)	GRAN/m ² (No.)	PESO100 (g)	PESO/m ² (kg)
g ha ⁻¹								
0	339.0 a	195.0 a	0.67 a	13.9 a	479.8 a	2539.3 a	32.4 a	0.60 a
140	304.1 b	174.8 a	0.60 a	13.9 a	451.7 a	1939.3 a	31.3 a	0.58 a
280	311.0 a	171.5 b	0.55 a	13.4 a	445.4 a	1825.1 b	31.2 a	0.38 b
DSH	34.3	22.9	0.2	1.3	89.1	703.2	2.8	0.21
Etapas de aplicación								
Difrc. Espig.	327.5 a	186.9 a	0.62 a	14.1 a	477.5 a	2072.1 a	31.8 a	0.56 a
Difrc. Mazr	308.6 b	175.3 b	0.59 a	13.4 a	440.4 a	1917.1 a	31.5 a	0.55 a
DSH	12.6	8.1	0.1	1.0	59.7	366.6	1.6	0.1
Variedades								
V-18	327.8 a	191.0 a	0.52 b	14.2 a	436.3 a	1668.1b	32.7 a	0.50 b
H-139	308.0 b	171.0 b	0.69 a	13.2 a	481.7 a	2321.1 a	30.6 a	0.61 a
DSH	8.5	6.6	0.11	0.75	50.1	321.4	2.3	0.10

DSH = Diferencia significativa honesta. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

ALTPL = altura de planta en cm

ALTMAZ = altura a la base de la mazorca en cm

PEMAZ = peso de mazorca por metro cuadrado en kg

LONMAZ = longitud de mazorca en cm

GRANO = número de granos por mazorca

GRAN/m² = número de granos por metro cuadrado

PESO100 = peso de 100 granos en g

PESO/m² = peso de grano por metro cuadrado

En ambas variedades el acame correlacionó de manera positiva y significativa con el área foliar de la hoja de la mazorca principal y con el peso seco del tallo al momento de la cosecha, lo cual significa que la mayor magnitud del acame está determinada por la expresión mayor del área foliar y del peso seco de la planta al momento de la cosecha.

En ambas variedades el acame correlacionó de manera negativa y significativa con la concentración de ethrel aplicado, lo cual indica que a mayor concentración de la dosis de ethrel aplicado menor es el porcentaje de plantas acamadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Albarrán M., M., J. L. Arellano V., R. Garza G., R. Valdivia B., A. Espinoza C., F. Alemán R. y C. Díaz H. 1990. Guía para cultivar maíz en el Estado de México. Folleto para productores Núm. 1 SARH, INIFAP, CIFAP-MEX. 31 p.
- Beck, D. L. 1985. The interrelationships between yield and root and stalk quality in maize. Ph. D. Thesis Missouri University. of Missouri Columbia 189 p.
- Bonnet, O. T. 1966. Inflorescences of maize, wheat, rye, and oats: their initiation and development. University of Illinois College of Agriculture, Agricultural Experiment Station Bulletin 721. 105 p.
- Carter, P. R. 1985. Corn lodging prevention. Crops and soils Magazine 37 (6): 8-11.
- Dahnous, K., G. T. Vigue, A. G. Law, C. F. Konzak, and D. G. Miller. 1982. Height and yield response of selected wheat, barley and triticale cultivars to ethephon. Agron. J. 74: 580-582.
- Daynard, T. B. and W. G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci. 9: 436-439.
- Early, E. B. and F. W. Slife. 1969. Effect of etherel on growth and yield of corn. Agron. J. 61: 821-823.
- Esechie, H. A. 1985. Relationships of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in maize in a rain forest zone. J. Agric. Sci. 104: 429-433.
- Gaska, J. M. and E. S. Oplinger. 1988a. Yield, lodging and growth characteristics in sweet corn as influenced by ethephon timing and rate. Agron. J. 80: 722-726.
- Gaska, J. M. and E. S. Oplinger. 1988b. Use of ethephon as a plant growth regulator in corn production. Crop Sci. 28: 981-986.
- Gutiérrez H., G. F. 1984. Relaciones fuente-demanda mediante defoliación en los híbridos de maíz H-30 y H-137. Tesis de licenciatura FESC, UNAM, 105 p.
- Hanway, J. J. 1971. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Services Ames Iowa. Special Report No. 48, 17 p.
- Jones, R. J. and R. Simons. 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. Crop Sci. 23: 129-134.
- Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Traducción de R. Piña G. Limusa México pp 247-254.
- Khosravi, Gh. R. and I. C. Anderson. 1991. Growth yield and yield components of ethephon-treated corn. Plant growth regulation 10: 27-37.
- Langan, T. D. and E. S. Oplinger. 1987. growth and yield of ethephon treated maize. Agron. J. 79: 130-134.
- Norberg, O. S., S. C. Mason, and S. R. Lowry. 1988. Ethephon influence on harvestable yield, grain quality and lodging of corn. Agron. J. 80: 768-772.

- Poehlman, J. M. 1987. Breeding Field Crops. Avipublishing Company Inc. pp. 270-490.
- Ramírez D., J. L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. 185 p.
- Stamp, P. and C. Kiel. 1992. Root morphology of maize and its relationship to root lodging. J. Agric. Sci., Camb. 112: 47-55.
- Vaidya, S. M. and A. R. Mahab. 1988. Highlights of research on lodging resistance in cereals (wheat, maize and barley). Karnal India ICAR. All India Coordinated. Barley Improvement Project pp. 32-46.
- Velázquez G., J. de J. 1992. Informe del Programa de Labranza de Conservación. Campo Experimental Valle de México, CIRCE, INIFAP 56 p.
- Wiersma, D. W., E. S. Oplinger and S. O. Guy. 1986. Environment and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. Agron. J. 78: 761-764.