



Agricultura Técnica en México

ISSN: 0568-2517

contacto@agriculturarecnica.net.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Salinas Moreno, Yolanda; González Hernández, Víctor A.
Potencial hídrico y ácido abscísico en hoja, jilote y espiga de maíz sometido a sequía
Agricultura Técnica en México, vol. 29, núm. 2, julio-diciembre, 2003, pp. 135-143
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60829204>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

POTENCIAL HÍDRICO Y ÁCIDO ABCISICO EN HOJA, JILOTE Y ESPIGA DE MAÍZ SOMETIDO A SEQUÍA *

WATER POTENTIAL AND ABSCISIC ACID IN LEAF AND REPRODUCTIVE STRUCTURES OF MAIZE PLANTS UNDER WATER STRESS

Yolanda Salinas Moreno^{1§} y Víctor A. González Hernández²

¹Laboratorio de Calidad de Maíz. Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Km. 18.5 carr. Los Reyes-Lechería. Apartado Postal 10. 56230 Chapingo, Texcoco, Edo. de México. México. ²Instituto de Recursos Genéticos. Colegio de Postgraduados. [§]Autor para correspondencia: yolysamx@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre el intervalo de la floración en el potencial hídrico y contenido de ácido abscísico (ABA) en hoja y estructuras reproductivas de plantas de maíz sometidas a sequía. El estudio se realizó en 1992 en el Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México, México, en un invernadero con una línea mejorada de maíz bajo dos condiciones de humedad del suelo, una con riego y otra con sequía; en esta última se tuvieron dos tratamientos en función de la etapa de desarrollo del cultivo, con una intensidad de sequía de marchitez permanente más dos días. El potencial hídrico se midió en hoja, jilote y espiga con el método del psicrómetro de termopar y la concentración de ABA se cuantificó mediante cromatografía de gases. La capacidad de ajuste osmótico mostró diferencia entre la hoja y las estructuras reproductivas, la cual fue mayor en la espiga. La acumulación de ABA en hoja, jilote y espiga ocurrió cuando la turgencia de estos órganos se perdió (hoja) o se redujo (jilote y espiga) con relación al testigo bajo riego. El intervalo entre la floración masculina y la femenina fue mayor cuando la sequía se aplicó a la planta en una etapa de desarrollo más

temprana y estuvo asociado con la reducción de la turgencia celular y una baja acumulación de ABA en las estructuras reproductivas.

Palabras clave: *Zea mays* L., ajuste osmótico, etapa de desarrollo, intervalo de floración.

ABSTRACT

The aim of the present research was determine the relationship between flowering intervals with water potentials and abscisic acid content in the leaf and reproductive structures of maize plants under drought conditions. The experiment was conducted in 1992 under greenhouse conditions at the "Colegio de Postgraduados" in Montecillo, State of Mexico, Mexico, with an experimental maize bred line. Two moisture treatments were applied at two different plant growth stages. Water potentials were measured by the thermo pair psychrometer method, and ABA content was determined by gas chromatography. Results showed that osmotic adjustment capacity was different among organs and was higher in the tassel. ABA accumulation in leaf and reproductive structures occurred when turgor was lost (leaf) or reduced (reproductive structures), in relation to well watered plants. The flowering interval

* Fecha de recepción: 16 de octubre de 2002
Fecha de aceptación: 26 de septiembre de 2003

was larger when the drought treatment was applied at an earlier plant stage in development and was associated with reduced turgor and low ABA accumulation in reproductive structures.

Key words: *Zea mays* L., flowering intervals, osmotic adjustment, stage in development.

INTRODUCCIÓN

En México el principal factor que limita la productividad de los cultivos anuales en condiciones de temporal es la sequía; la magnitud del daño que ésta pueda ocasionar, en particular al maíz, depende de la etapa de desarrollo de la planta en la que ocurra; las etapas más críticas son las cercanas a la floración (Edmeades *et al.*, 1996).

La escasez de agua en la planta disminuye el potencial hídrico y la turgencia celular. Si la disminución en el potencial hídrico ocurre acompañada de una reducción en el potencial osmótico, las células desarrollan la capacidad de ajuste osmótico, que varía entre los diferentes órganos y tejidos de la planta (Morgan, 1980), y también con la edad de la misma. En la planta de maíz los tejidos jóvenes poseen una mayor capacidad de ajuste osmótico que los maduros (Michelena y Boyer, 1982; Salinas *et al.*, 1993). La naturaleza química de los solutos acumulados durante el proceso de ajuste osmótico puede variar entre especies y órganos, aunque en general se trata de azúcares solubles, aminoácidos, iones inorgánicos y hormonas como el ácido abscísico (ABA).

El ABA participa en los mecanismos de adaptación de las plantas al déficit hídrico, en los cuales actúa promoviendo el cierre de los estomas para reducir las pérdidas de agua y estimular la absorción de este líquido a través de la raíz. La pérdida de turgencia en los tejidos es la señal que origina en la planta un incremento en la síntesis de ABA (Bray, 1993). Los cambios que ocurren en las células para ayudar a mantener su turgencia y reducir los efectos negativos del descenso del potencial hídrico son mecanismos de tolerancia a la sequía (Setter, 1996)

Cada órgano de la planta presenta una respuesta diferencial a la acumulación de ABA; la raíz del maíz se considera uno de los más sensibles al déficit hídrico (Ribaut y Pilet, 1991). Los estudios sobre acumulación de ABA en las hojas de maíz, como respuesta a un déficit de humedad, son numerosos (Davies *et al.*, 1994; Tuberosa *et al.*, 1994; Lebreton *et al.*, 1995) y el efecto que dicha acumulación tiene sobre la regulación estomática es bien conocido (Ward *et al.*, 1995). El cierre de estomas evita la pérdida excesiva de agua pero reduce la fotosíntesis de la hoja, lo que a su vez limita la producción de los fotoasimilados necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta, en consecuencia, la tasa de acumulación de materia seca en las diferentes estructuras se reduce. Cuando esta reducción ocurre durante el desarrollo y crecimiento de las estructuras reproductivas del maíz, el jilote resulta más afectado que la espiga pues se retrasa la exposición de los estigmas y esto aumenta el intervalo de floración (Bolaños y Edmeades, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre el intervalo de la floración con el potencial hídrico y el contenido de ácido abscísico en hoja y estructuras reproductivas de plantas de maíz sometidas a sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante 1992 en condiciones de invernadero, en las instalaciones del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México, México, ubicado a 19° 23' latitud norte, 98° 53' longitud oeste y a 2240 msnm.

Se estableció un experimento con macetas, consistentes en bolsas de plástico de 0.30 m de diámetro y 0.60 m de alto con 15 kg de suelo seco, compuesto por 40% de tierra de monte y 60% de suelo franco arcilloso. Se sembró la línea experimental de maíz CP-86559 de ciclo precoz y adaptada a los Valles Altos de la Mesa Central de México; se depositaron dos semillas por bolsa y después cuando las plantas tenían aproximadamente 0.20 m de altura se realizó un aclareo para dejar una planta por bolsa. Se manejaron 60 bolsas distribuidas en tres lotes de 20 plantas cada uno, un lote se tuvo con

riego y los otros dos con un período de sequía; la asignación de tratamientos para cada lote se realizó de manera aleatoria mediante un diseño experimental completamente al azar. Las plantas se fertilizaron con la solución nutritiva descrita por Rocha (1987), cada 10 días a partir de los 15 días después de la siembra (dds). Durante las etapas iniciales del cultivo se presentó gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual se controló con dos aplicaciones de Tamarón ($1.0 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$).

Se manejaron tres tratamientos de humedad edáfica que fueron: 1) riego (R), que consistió en mantener el contenido de humedad edáfica cercana a la capacidad de campo del suelo durante el desarrollo del experimento. Los tratamientos de sequía se definieron en función de la etapa de desarrollo en la que estaban las plantas cuando se les suspendió el riego y fueron: 2) sequía-1 (S_1) este tratamiento se inició cuando las plantas tenían 34 dds y la inflorescencia masculina comenzaba la diferenciación de los primordios de espiguillas sobre el eje central de la panoja, correspondiente a la etapa "D" según Rocha (1987); 3) sequía-2 (S_2) este tratamiento se inició a los 66 dds, cuando las plantas tenían la espiga expuesta con los estambres totalmente desarrollados; esta etapa corresponde a la "J" según Rocha (1987). Es importante señalar que para verificar la etapa de desarrollo en la que se debía iniciar la suspensión del riego, a partir de los 20 dds se efectuaron disecciones periódicas en 1 ó 2 plantas (Cuadro 1). La intensidad de la sequía en

ambos tratamientos fue hasta alcanzar la marchitez permanente (MP) más dos días, esto ocurrió a los 35 días sin riego en S_1 y 24 en S_2 ; se consideró como MP cuando 50% de las plantas bajo tratamiento de sequía ya no recuperó su turgencia por la mañana.

Cuando las plantas alcanzaron el nivel de sequía deseado se realizaron muestreos para medir el potencial hídrico, osmótico y de turgencia, así como el contenido de ácido abscísico (ABA) en la hoja y en las estructuras reproductivas de las plantas. Posterior al muestreo se aplicó riego de recuperación a las plantas intactas restantes para determinar los días a la floración masculina y femenina, y obtener por la diferencia de valores (en días) entre estos dos eventos, el intervalo de floración.

Se determinó el potencial hídrico (ψ), osmótico (π) y de turgencia (P) en hoja, jilote y espiga mediante el método psicrométrico (Rodríguez, 1982) en muestras de tejido recolectadas a las 7:00 horas A.M. Para hoja se obtuvieron discos de 0.05 m de diámetro, tomados de la porción media de la hoja madura más joven totalmente expandida y se colocaron inmediatamente en el psicrómetro, el cual se cerró perfectamente para evitar evaporación; enseguida los psicrómetros se pusieron a baño maría a 25°C durante 2.5 horas para lograr el equilibrio de la presión de vapor. Para la espiga y jilote fue necesario disectar las plantas, cuando estas estructuras no se hallaban aún expuestas. La disección

Cuadro 1. Características de los tratamientos de sequía aplicados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 1992.

Variable	Sequía	
	S_1	S_2
Edad de la planta al iniciar la suspensión del riego	34 dds	66 dds
Etapas de desarrollo al suspender el riego*	D= Diferenciación de primordios de espiguillas	J= Espiga expuesta con estambres desarrollados
Duración de la suspensión del riego	35 días	24 días
Intensidad de la sequía	MP + 2 días	MP + 2 días

* Se refiere al desarrollo de la espiga; dds= Días después de la siembra; MP= Marchitez permanente.

se realizó rápidamente para evitar alteraciones en el potencial hídrico; la porción de jilote que se colocó en la cámara del psicrómetro se obtuvo mediante un sacabocado de la parte central o raquis, cuyo tamaño fue aproximadamente de 5 mm con un espesor de 2 mm, para evitar que la muestra estuviera en contacto directo con el termopar del psicrómetro; de igual forma se procedió con la espiga, en la que se tomó sólo una porción de la parte basal del raquis.

Para determinar el contenido de ABA en hoja, jilote y espiga se realizó un procedimiento específico de muestreo para cada órgano. La muestra de hoja se tomó de la parte media de la hoja madura más joven totalmente expandida (aproximadamente un rectángulo de 0.04 m de alto por lo ancho de la hoja, incluyendo la nervadura) y se sumergió inmediatamente en nitrógeno líquido para detener el metabolismo de los compuestos presentes. En el jilote y espiga la disección para descubrir estos órganos se realizó directamente sobre la planta sin cortarla, se tomó la muestra y rápidamente se sumergió en el nitrógeno líquido. En el muestreo efectuado en S_1 el jilote era muy pequeño, por lo que la muestra comprendió esta estructura completa; en S_2 el jilote se hallaba en una etapa de desarrollo más avanzada, lo que permitió tomar únicamente la porción media de esta estructura; en ambos casos se analizó el jilote sin brácteas y se escogió el primero de arriba hacia abajo de la planta; en la espiga la muestra se tomó de la región basal incluyendo ramillas laterales. Los muestreos se realizaron a las 7:00 horas de la mañana en el invernadero y en cada caso se tomaron muestras en dos o tres plantas; todas las muestras fueron liofilizadas y molidas en un molino tipo ciclónico.

Para extraer el ABA se pesaron en un microvial 50 mg de tejido liofilizado, se añadieron 5 mL de acetona a 80% y se dejó en reposo 48 horas a temperatura ambiente y en oscuridad (el ABA es fotosensible). Las muestras preparadas se filtraron a través de papel filtro Whatman No. 4 y del extracto se tomaron 100 μ L, que se colocaron en forma de banda en una placa de sílica gel de 5x10 cm para separar el ABA; la placa se eluyó con acetato de etilo. En los análisis realizados en el Laboratorio de Resistencia a Sequía del Colegio de Postgraduados se ha observado que en muestras que contienen clorofila (hoja) el ABA se halla en la banda

que aparece inmediatamente después de los carotenoides. En el jilote y espiga, que carecen de clorofila, se incorporó un testigo de ABA en la placa y ya eluida se observó bajo una lámpara de luz ultravioleta, situación en la que el ABA emite luz (fluorescencia). La banda que contenía el ABA se raspó y colocó en un embudo, el cual tenía un disco de papel filtro Whatman No. 42; se añadieron 0.8 mL de acetato de etilo, se filtró al vacío y el filtrado se recibió en un microvial; el acetato de etilo se evaporó a sequedad con aire. La derivación del ABA a un compuesto volátil (metil-éster-ABA) se realizó con 50 μ L de diazometano, inmediatamente se agitó y dejó el microvial en oscuridad por 5 min; posteriormente se evaporó a sequedad con aire a presión.

El metil-ABA del microvial se redisolvió en 100 μ L de ciclohexano y se tomó 1 μ L de esta solución para inyectar a un cromatógrafo de gases Varian modelo 3700 con detector de captura de electrones (^{63}Ni), graficador Varian modelo 9176 e integrador de áreas también Varian modelo CDS 111.

Se utilizó una columna de vidrio de 2.0 m de largo x 6 mm de diámetro externo y 2 mm de diámetro interno, empacada con 1.2% de SE30 + 0.3% E60 en una malla de diatomeita CLQ 80-100. La temperatura del inyector y de la columna se mantuvo a 220°C. Como gas acarreador se usó N_2 a una velocidad de flujo de 60 cm^3s^{-1} . El tiempo de retención del ABA fue de 4 min.

Por otra parte, a las plantas sometidas a sequía (S_1 y S_2), después del muestreo para potencial hídrico se les aplicó riego de recuperación y se les determinaron los días a floración masculina y femenina; la diferencia en días entre estos dos eventos se consideró como intervalo de floración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado hídrico de la planta

Se observó que en el tratamiento de sequía S_1 aplicado en la etapa de desarrollo "D", las plantas tardaron más tiempo en llegar a MP ya que eran más pequeñas, además, durante el tratamiento se presentaron días

nublados y lluviosos, condición que redujo la demanda evaporativa; en cambio, durante el tratamiento S₂ (etapa "J"), hubo menos humedad en el ambiente, las plantas ya habían completado su crecimiento vegetativo y alcanzado su máxima área foliar, lo que contribuyó a que agotaran más rápidamente el agua disponible. En ambos tratamientos (S₁ y S₂) la sequía abatió el potencial hídrico en los tres órganos estudiados; sin embargo, los órganos reproductivos mantuvieron su turgencia a bajos potenciales hídricos.

En el primer período (34 a 69 dds) la hoja perdió su turgencia mientras que el jilote y la espiga la mantuvieron, aunque inferior en 32 y 27%,

respectivamente, con relación al testigo de riego (Cuadro 2); estos resultados indican mayor capacidad de ajuste osmótico en estos órganos con relación a la hoja, pero también pudo deberse al hecho de que en esta etapa el jilote y la espiga no hayan estado completamente expuestos al ambiente. En el segundo período (66 a 90 dds) el jilote mantuvo una turgencia mayor que el testigo (Cuadro 3). Para esta fecha las espigas tanto de plantas de riego como con sequía se encontraban ya senescentes, por lo tanto, los datos de potencial hídrico y sus componentes se consideran poco confiables, debido a que la deshidratación por la senescencia fue muy severa. Así mismo, los datos de potencial hídrico en la hoja, para esta segunda etapa,

Cuadro 2. Relaciones hídricas en hoja, jilote y espiga en plantas de maíz en condiciones de riego - sequía a los 69 días después de la siembra. Montecillo, Edo. de Méx., México. 1992.

Órgano	Condición de humedad	Potenciales (Mpa)		
		Hídrico	Osmótico	Turgencia
Hoja	Riego	-0.5±0.0 ¹	-0.9±0.03	+0.4±0.03
	Sequía	-1.8±0.07	-1.6±0.07	-0.3±0.11
Jilote	Riego	-0.6±0.01	-1.1±0.01	+0.4±0.01
	Sequía	-1.5±0.15	-1.8±0.16	+0.3±0.05
Espiga	Riego	-0.7±0.07	-1.0±0.16	+0.3±0.1
	Sequía	-1.7±0.19	-1.9±0.24	+0.2±0.04

¹= Los valores a la derecha de ± representan el error estandar de la media de 3 ó 4 plantas.

Cuadro 3. Relaciones hídricas en hoja, jilote y espiga en plantas de maíz en condiciones de riego-sequía a los 90 días después de la siembra. Montecillo, Edo. de Méx., México. 1992.

Órgano	Condición de humedad	Potenciales (Mpa)		
		Hídrico	Osmótico	Turgencia
Hoja	Riego	- 0.6±0.07 ¹	- 1.1±0.11	+ 0.5±0.03
	Sequía	- 1.9±0.03	- 2.2±0.02	+ 0.2±0.00
Jilote	Riego	- 1.3±0.13	- 1.7±0.24	+ 0.4±0.11
	Sequía	- 1.3±0.17	- 1.7±0.17	+ 0.4±0.10
Espiga	Riego	- 1.5±0.14	- 2.1±0.24	+ 0.6±0.12
	Sequía	- 1.0±0.03	- 1.4±0.22	+ 0.4±0.18

¹= Los valores a la derecha de ± representan el error estandar de la media de 3 ó 4 plantas.

tampoco reflejan lo que realmente estaba ocurriendo en el tejido, ya que expresan una turgencia positiva que no existía, pues el muestreo se efectuó cuando las plantas llegaron a MP más dos días y la hoja tenía un contenido relativo de agua de 61% (datos no mostrados).

Ácido abscísico

En el tratamiento S_1 (34 a 69 dds) la sequía incrementó considerablemente la concentración de ABA en los tres órganos evaluados y fue proporcionalmente menor el efecto en el jilote que en la hoja y espiga (Figura 1); esta acumulación se relaciona con la reducción del potencial hídrico en estas estructuras y con la pérdida de turgencia, la cual fue total en la hoja y parcial en los órganos reproductivos.

Al respecto, Dampney *et al.* (1978) informaron que un período de sequía aplicado al maíz al inicio del desarrollo de los órganos reproductivos provocó acumulación de ABA, la cual fue mayor en la espiga que en el jilote; esto ocurrió con un potencial hídrico en la hoja de -1.8 Mpa, que es un valor similar al observado en la presente investigación en el tratamiento S_1 . Sin embargo, en un estudio en trigo bajo sequía se observó acumulación de ABA en espigas sin que se tuviesen cambios en la turgencia de esta estructura con respecto al testigo (Morgan, 1980), lo que podría denotar una respuesta inducida por una señal diferente al potencial hídrico y que en estudios más recientes se considera que puede ser el pH del xilema (Bahrum *et al.*, 2002).

En condiciones de riego la concentración de ABA fue mayor en la hoja que en el jilote y espiga, pero similar entre estos últimos. En el tratamiento S_2 (66 a 90 dds) el efecto de la sequía en la acumulación de ABA sólo se observó en la hoja ya que en el jilote y la espiga no provocó ningún aumento; en estos órganos reproductivos la concentración de la hormona fue incluso mayor en riego que en sequía (Figura 2).

La acumulación de ABA en las plantas con riego se incrementó con la edad de la planta particularmente en el jilote, órgano en el que la concentración de este ácido a los 90 dds superó en 2.7 veces a la observada a los 69

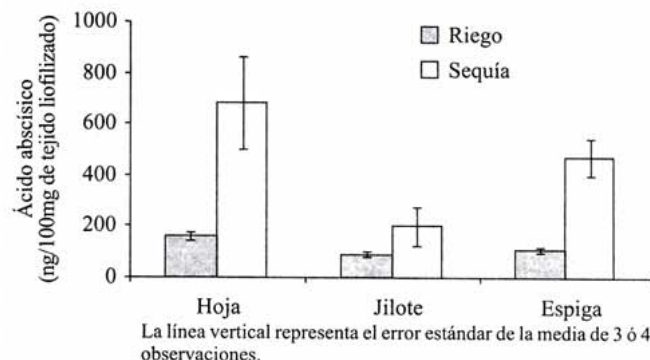


Figura 1. Contenido de ácido abscísico en hoja, jilote y espiga de plantas de maíz en condiciones de riego-sequía a los 69 días después de la siembra.

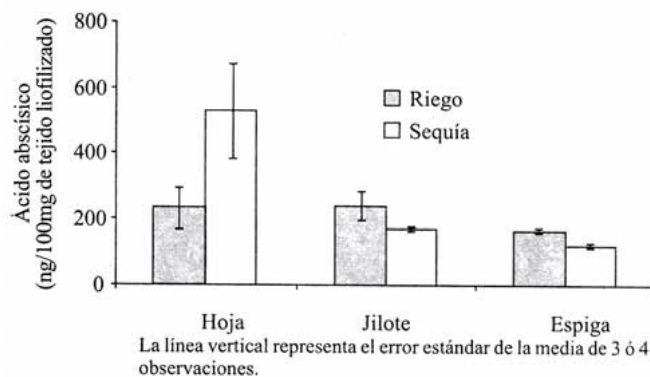


Figura 2. Contenido de ácido abscísico en hoja, jilote y espiga de plantas de maíz en condiciones de riego-sequía a los 90 días después de la siembra.

dds, incremento que se atribuye al crecimiento del grano, ya que en semillas en desarrollo la concentración de ABA se incrementa durante el período de crecimiento más activo de esta estructura (Quebedeaux *et al.*, 1976), particularmente durante la formación del embrión (Bray, 1993).

El incremento de ABA en las hojas de las plantas que se hallaban con déficit de humedad podría estar asociado con la participación de esta hormona en el cierre de los estomas para reducir las pérdidas de agua (Setter, 1996) más que como osmólito ya que, no obstante el contenido elevado de ABA, la hoja perdió

turgencia. En las estructuras reproductivas el incremento posiblemente contribuyó a la reducción del potencial osmótico para mantener la turgencia celular, aunque el ABA se considera un ácido débil; así mismo, su acumulación podría ser una respuesta para contrarrestar el incremento en la síntesis de etileno que ocurre en las plantas con estrés hídrico (Sharp y LeNoble, 2002). La baja concentración de ABA en el jilote de plantas bajo sequía, con relación a las de riego, posiblemente se debió al menor desarrollo del grano, pues mientras en las plantas con riego el grano se encontraba en estado lechoso-masoso, en las de sequía estaba en la fase de grano acuoso; estas diferencias están asociadas con la baja disponibilidad de fotoasimilados debido a que la sequía dañó más de 60% del área foliar activa.

Intervalo de floración

La sequía causó alteración en los días a floración en los tratamientos aplicados; el efecto fue menor en S_2 ya que el intervalo observado fue de seis días mientras que en S_1 fue de nueve días. A este respecto se sabe que en maíz los eventos de liberación de polen y exposición de estigmas no ocurren al mismo tiempo, de manera que aun en plantas con buenas condiciones de humedad se tiene un intervalo de floración mayor de cero, por lo que existe asincronía floral; sin embargo, una asincronía de 3 ó 4 días no tiene efectos negativos sobre el rendimiento de grano (Aragón *et al.*, 1991). En el tratamiento S_1 la asincronía se debió principalmente al retraso en el desarrollo de la inflorescencia femenina; en S_2 la sequía adelantó la floración masculina sin afectar a la femenina (Cuadro 4).

Al relacionar los datos de potencial hídrico y contenido de ABA con el intervalo de floración observado en las plantas S_1 , se encontró que la reducción del potencial de turgencia en el jilote con respecto al testigo contribuyó a retrasar el crecimiento y desarrollo de esta estructura que mostró un rezago de nueve días con respecto al testigo (riego). El contenido de ABA se considera que no influyó en este retraso pues en la espiga de S_1 se tuvo una concentración 200% mayor que la observada en el jilote y, sin embargo, sólo mostró un día de retraso con respecto a la de riego; la presencia de esta hormona en cantidades importantes permite mantener el crecimiento de plantas en condiciones de déficit de humedad (Sharp y LeNoble, 2002).

Con respecto al tratamiento de sequía S_2 , el jilote mantuvo una turgencia igual que el testigo con riego y su concentración de ABA fue inferior a éste, sin embargo, los días a floración femenina de las plantas en ambos casos fueron iguales. El intervalo de floración de seis días se debió al adelanto de la floración masculina en las plantas con sequía respecto a las de riego. Un intervalo de floración de nueve días tiene efectos negativos muy fuertes sobre el rendimiento de grano debido a que disminuye principalmente el número de granos por mazorca, componente importante del rendimiento. Salinas *et al.* (1993) reportaron que un intervalo de floración de nueve días redujo el número de granos por mazorca en 65% con relación al testigo. Por su parte, Bolaños y Edmeades (1993) señalan que por cada día de retraso en la emergencia del estigma, con respecto a la liberación del polen, el rendimiento de grano se reduce alrededor de 10%, en tanto que Aragón *et al.* (1991) mencionan que un intervalo de

Cuadro 4. Días a floración masculina y femenina e intervalo de floración en plantas de maíz sometidas a riego-sequía en dos etapas fenológicas. Montecillo, Edo. de Méx., México. 1992.

Variables	Primera etapa (34-69 dds) S_1	Primera etapa (66-90 dds) S_2	Testigo con riego
Días a floración masculina	75	71	74
Días a floración femenina	84	77	77
Intervalo de floración (días)	9	6	3

dds= Días después de la siembra.

floración de 3 ó 4 días no tiene efectos negativos en el rendimiento de grano.

CONCLUSIONES

1. La reducción del potencial de turgencia e incremento en la acumulación de ácido absísico en las estructuras reproductivas del maíz no fueron suficientes para explicar el intervalo de floración observado en las plantas sometidas a sequía.
2. La capacidad de ajuste osmótico de la hoja de maíz fue menor que la de los órganos reproductivos y, entre éstos, la espiga mostró mayor capacidad que el jilote.
3. La acumulación de ácido absísico en la hoja, jilote y espiga de maíz ocurrió cuando la turgencia de estos órganos se perdió (hoja) o se redujo (jilote y espiga) con relación al testigo con riego.

LITERATURA CITADA

- Aragón, C., F.; Márquez S., F.; Ortiz C., J. y González H., V. A. 1991. Heredabilidad de la sincronía en floración y su relación con el rendimiento en líneas S₁ de maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, serie *Fitociencia* 2(1):81-95.
- Bahrn, A.; Jensen, C. R.; Asch, F. and Mogensen, V. O. 2002. Drought-induced changes in xylem pH, ionic composition, and ABA concentration act as early signals in field-grown maize (*Zea mays* L.). *J. Exp. Bot.* 53(367):251-263.
- Bray, E.A. 1993. Molecular responses to water deficit. *Plant Physiol.* 103:1035-1040.
- Bolaños, J. and Edmeades, G. O. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Res.* 31:253-268.
- Dampney, H. B.; Coombe, B. G. and Aspinall, D. 1978. Apical dominance, water deficit and axillary inflorescence growth in *Zea mays*: The role of abscisic acid. *Ann. Bot.* 42:1447-1458.
- Davies, W.J.; Tardieu, F. and Tregou, C.L. 1994. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? *Plant Physiol.* 104:309-314.
- Edmeades, G.O.; Bolaños, J. and Chapman, S. C. 1996. Value of secondary traits in selecting for drought tolerance in tropical maize. *In: Developing drought-and low N tolerant maize. Proceedings of a Symposium. March 25-29, 1996. CIMMYT, Batán, Edo. de Méx., México.*
- Lebreton, C.; Lazic-Jancic, V.; Steed, A.; Pekic, S. and Quarrie, S. A. 1995. Identification of QTL for drought responses in maize and their use in testing causal relationships between traits. *J. Exp. Bot.* 46:853-865.
- Michelena, V.A. and Boyer, J. S. 1982. Complete turgor maintenance at low water potentials in the elongating region of maize leaves. *Plant Physiol.* 69:1145-1149.
- Morgan, J. M. 1980. Osmotic adjustment in the spikelets and leaves of wheat. *J. Exp. Bot.* 31(121):655-665.
- Quebedeaux, B.; Sweetser, P. B. and Rowell, J. C. 1976. Abscisic acid levels in soybean reproductive structures during development. *Plant Physiol.* 58:363-366.
- Ribaut, J.M. and Pilet, P. E. 1991. Effects of water stress on growth, osmotic potential and abscisic acid content of maize roots. *Physiologia Plantarum* 81:156-162.
- Rocha A., J.L. 1987. Crecimiento y desarrollo de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a sequía en diferentes etapas fenológicas. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 147 p.
- Rodríguez-Ontiveros, J.L. 1982. An investigation of the involvement of ABA on the stress physiology of *Zea mays* L. Ph. D. Thesis. The University of Lancaster. UK.
- Salinas M., Y.; Rodríguez O., J.L. y González H., V. A. 1993. Relaciones hídricas en estructuras reproductivas, asincronía floral y rendimiento de maíz sometido a sequía. *Agrociencia*, serie *Fitociencia* 4(4): 33-46.
- Sharp, E. R. and LeNoble, M. E. 2002. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. *J. Exp. Bot.* 53(366):33-37.
- Setter, L.T. 1996. Role of the phytohormone ABA in drought tolerance: Potential utility as a selection tool. *In: Developing drought-and low N tolerant maize. Proceedings of a Symposium. Edmeades,*

- G.O.; Bänziger, M.; Mickelson, H.R. and Peña-Valdivia, C.B. (eds.). March 25-29, 1996. CIMMYT. Batán, Edo. de Méx., México.
- Tuberosa, R. M.; Sanguinete, C. and Landi, P. 1994. Abscisic acid concentration in leaf and xylem sap: Leaf water potential, and stomatal conductance in maize. *Crop Sci.* 34:1557-1563.
- Ward, J. M.; Pei, Z. M. and Schroeder, J. I. 1995. Roles of ion channels in initiation of signal transduction in higher plants. *Plant Cell* 7:833-844.