Rev. Fitotec. Mex. 12:32-44. 1989

RESPUESTA A LA SEQUIA DE UN HIBRIDO DE MAIZ Y SU GENERACION F_4

Alfonso Peña Ramos[1], Salvador Martín del Campo Valle[2] y Ricardo J. Zapata Altamirano[3]

RESUMEN

El H-24 es un híbrido de maíz (Zea mays L.) de excelente comportamiento bajo temporales deficientes, pero ha sido poco usado debido a su alto costo de producción de semilla. Recientemente se derivó de este híbrido una generación F_4, con la finalidad de tener una variedad de polinización libre de más fácil multiplicación. El objetivo del presente trabajo fue determinar si ambos maíces presentan respuestas similares bajo sequía. El estudio se realizó en Aguascalientes, bajo invernadero en macetas que contenían 19 kg de suelo seco. Se utilizó como testigo la variedad VS-201. Se establecieron tres tratamientos de humedad: R_0: Riego, R_1: 15 días sin riego durante la floración y R_2: 15 días sin riego durante el inicio del llenado de grano. Cada tratamiento involucró 12 plantas de cada variedad. Se encontró que el híbrido y su generación F_4 tuvieron respuestas similares a la sequía en las dos etapas de desarrollo estudiadas. En R_1 se afectaron en menor grado que el testigo VS-201: perdieron menos área foliar; emergieron sus estigmas más temprano; disminuyeron menos tanto el rendimiento de grano (37% en promedio comparado con 72% del testigo) como el peso seco total (66 g pl^{-1} en promedio contra 138 g pl^{-1} del testigo) y no se afectaron en su índice de cosecha, cuando en el testigo disminuyó 56%. En el tratamiento R_2, los tres materiales se afectaron igual en todos los aspectos estudiados. Dentro de tratamientos, la generación F_4 mostró una depresión promedio en el rendimiento del 11% respecto a su F_1.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L.; Etapas fenológicas; Generaciones avanzadas.

SUMMARY

The H-204 maize (Zea mays L.) is a hybrid of excelent behavior under limited rainfall environments, but it has been little used because the high cost of seed production. Recently an F_4 generation was derived from this hybrid, in order to get an open pollination variety. The objective of this study was to determine if both cultivars show similar responses under water stress. The experiment was conducted under greenhouse conditions in Aguascalientes, México. Plants were grown in pots containing 19 kg of dry soil. The VS-201 cultivar was used as a control. Three soil moisture treatments were evaluated: R_0: plants without water restriccion, R_1: no irrigation during 15 days at at the flowering stage, and R_2: no irrigation during 15 days at the early grain filling. Every treatment included 12 plants of each variety. Results indicated that the hybrid and the F_4 generation showed similar responses to water stress in the two growth stages studied. At R_1, both materials were less affected than the control VS-201: they showed less reduction in leaf area; earlier silk emergence; less reduction in grain yield (mean of 37% compared to 72% of the control) and in the total dry weight (mean of 66 g pl^{-1} vs 138 g pl^{-1} of the control). They were not affected in its harvest index whereas the control was reduced in 56%. At R_2 treatment the three cultivars were affected in a similar way in all the variables analyzed. Within treatments, the F_4 generation showed a mean depreciation on grain yield of 11% respecto to the F_1.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L.; Phenological stages; Advanced generations.

INTRODUCCION

En el Estado de Aguascalientes el cultivo de maíz bajo temporal frecuentemente es afectado por sequías severas que ocurren por lo general durante la floración y el llenado de grano; esta situación ocasiona que la producción de grano del maíz se pierda en gran parte de la superficie sembrada. El problema anterior dió lugar a que desde los años setentas en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Aguascalientes se iniciara un programa de mejoramiento genético para resisten-

[1] M.C. Investigador de Maíz CIFAP-AGS., Apdo. Postal 20, Pabellón, Ags. C.P. 20660.
[2] M.C. Investigador de Maíz y Director del CIFAP-AGS.
[3] M.C. Investigador de Maíz y Subdirector de Investigación del CIFAP-AGS.

cia a la sequía en maíz. Se obtuvo el híbrido H-204 de excelente capacidad productiva bajo ambientes de temporal deficiente; sin embargo, por el alto costo de la semilla y la dificultad de su reproducción su uso ha sido restringido. Recientemente se obtuvo una generación F_4 de este híbrido con la finalidad de contar con un material de polinización libre de fácil reproducción y que mantuviera la capacidad productiva del híbrido bajo las mismas condiciones de temporal.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si el híbrido H-204 y su generación F_4 presentan respuestas similares en el mantenimiento del área foliar y en la dinámica de ocurrencia de las floraciones; así como en la producción de grano y de materia seca cuando están sujetas a sequía.

REVISION DE LITERATURA

La deficiencia de agua en las plantas generalmente se traduce en una reducción del área foliar y como consecuencia en una disminución de la actividad fotosintética. En este sentido, la menor pérdida de área foliar por sequía se puede tornar en una mayor recuperación de la fotosíntesis en el tiempo que ocurra la rehidratación, según un estudio realizado en maíz por Aparicio-Tejo y Boyer (1983) y puede traducirse también en una menor pérdida del rendimiento de grano, como lo explicó González-Hernández (1982) en un sorgo resistente a la sequía.

Varios autores coinciden en que al ocurrir sequía durante la floración del maíz puede haber un efecto más marcado sobre el rendimiento de grano que en otra etapa de desarrollo (Denmead y Shaw, 1960; Fischer y Palmer, 1980).

Una sequía durante la floración del maíz se traduce en un retraso de la aparición de los estigmas respecto a la antesis (Hall *et al.*, 1980; Peña, 1986), en un menor desarrollo de éstos (Herrero y Johnson, 1981) y en anormalidades del saco embrionario (Moss y Downey, 1971). Por otro lado se ha observado que la fertilidad del polen no es afectado por la sequía (Moss y Downey, 1971; Herrero y Johnson, 1981); esto sugiere que el número de granos por mazorca es reducido por sequía debido principalmente a la infertilidad que se manifiesta sobre los organos reproductivos femeninos. No obstante la susceptibilidad del maíz en esta etapa, se han encontrado variedades con mayor resistencia a la sequía que otras al mostrar menor reducción en el rendimiento (Barnes y Wooley, 1969).

Las reducciones en rendimiento debidas a deficiencias de humedad después de la floración se reflejan por lo general en un menor tamaño y peso unitario del grano (Eastin *et al.*, 1983). Hall *et al.* (1980) consideran que el efecto anterior puede estar relacionado con una reducción de la actividad fotosintética de la planta y una menor acumulación de reservas durante el llenado del grano.

La deficiencia de agua en las plantas se traduce por lo general en una reducción del peso seco; sin embargo, no siempre todos los órganos de la planta son igualmente afectados por la sequía, ya que en algunos casos el rendimiento depende de la translocación de solutos, lo cual continúa aún cuando no haya acumulación de materia seca (Jurgens *et al.*, 1978). Por otro lado, depende también del efecto que tenga la sequía sobre la demanda de asimilados determinada ésta por la producción de granos. El índice de cosecha en este caso, resulta ser un parámetro útil para medir la eficiencia de la planta para producir grano en función de su peso seco total (Donald y Hamblin, 1976).

Con relación a resultados de generaciones avanzadas respecto a su F_1,

se sabe que el rendimiento de grano de dichas generaciones disminuye debido a la depresión endogámica (Delgado, 1979; Ramírez *et al.*, 1986; Warren, citado por Ramírez *et al.*, 1986). Los resultados de Delgado (1979) muestran que la depresión del rendimiento en las generaciones F_2 de tres híbridos de maíz fue reducida y que no hubo diferencias marcadas en la mayoría de los caracteres estudiados; en cambio los resultados de Ramírez *et al.* (1986) presentan reducciones significativas del rendimiento del orden de 12 a 18%. En cuanto a caracteres de planta, estos últimos investigadores señalan que sólo hubo cambios marcados en altura de planta. Los trabajos mencionados no fueron conducidos bajo condiciones limitantes de humedad; sin embargo, se espera que bajo estas condiciones, se exprese también la depresión endogámica de las generaciones avanzadas.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de Pabellón, Ags. (CAEPAB) bajo condiciones de invernadero, durante el verano de 1986. Se utilizó para el estudio el híbrido de maíz H-204 y la variedad VS-204, la cual es una generación avanzada (F_4) de dicho híbrido. Como testigo se usó la variedad VS-201, material que ha diferido del H-204 en sus respuestas a través de ambientes en la región semiárida del Norte Centro de México (Peña y Ortíz, 1989).

La siembra se realizó en macetas de polietileno negro (una planta por maceta) de 60 cm de altura por 25 cm de diámetro, las cuales contenían 19 kg de suelo seco. La variedad VS-201, por ser de ciclo más tardío, se sembró tres días antes (12 de julio) con la finalidad de que el desarrollo fenológico de las tres variedades coincidieran en tiempo.

Se fertilizó en la siembra con 2.5 g de sulfato de amonio más 5.0 g de superfosfato simple por maceta y con 2.5 g de sulfato de amonio en dos ocasiones más, durante la etapa vegetativa. Con esta cantidad de fertilizante, las plantas mostraron un buen crecimiento, lo cual ya se había observado en pruebas realizadas con anterioridad.

Se utilizó un suelo de textura migajón areno-arcillosa, con densidad aparente de 1.4, capacidad de campo de 24.3% y punto de marchitamiento permanente de 7.97%.

Las variedades se sometieron a tres tratamientos:

R_0: Testigo, el cual se mantuvo siempre en buenas condiciones de humedad. El riego se aplicó de acuerdo a la reducción en peso de las macetas. Se estableció como criterio de riego que la humedad del suelo no disminuyera más del 15.75%, lo cual correspondió a -0.08 MPa. La humedad del suelo se determinó pesando cada tercer día durante todo el ciclo cinco macetas por variedad. Al peso de las macetas se descontó el peso de las plantas, el cual se estimó de muestreos destructivos semanales de dos plantas por variedad.

R_1: Tratamiento al cual se suspendió el riego cuando el 65% de plantas mostraba extendida la hoja bandera, que corresponde al estado 4 de la escala fenológica de Hanway (1971). El período sin riego fue de 15 días.

R_2: En este tratamiento se suspendió el riego cuando el 50% de plantas se encontraba en estado de grano perla (una semana después de haber concluído la floración femenina) lo cual corresponde al estado 6 de la escala fenológica de Hanway (1971). El período sin riego fue también de 15 días.

Cada tratamiento se aplicó a 25 plantas de cada variedad, de las cuales se consideraron sólo 12 para la

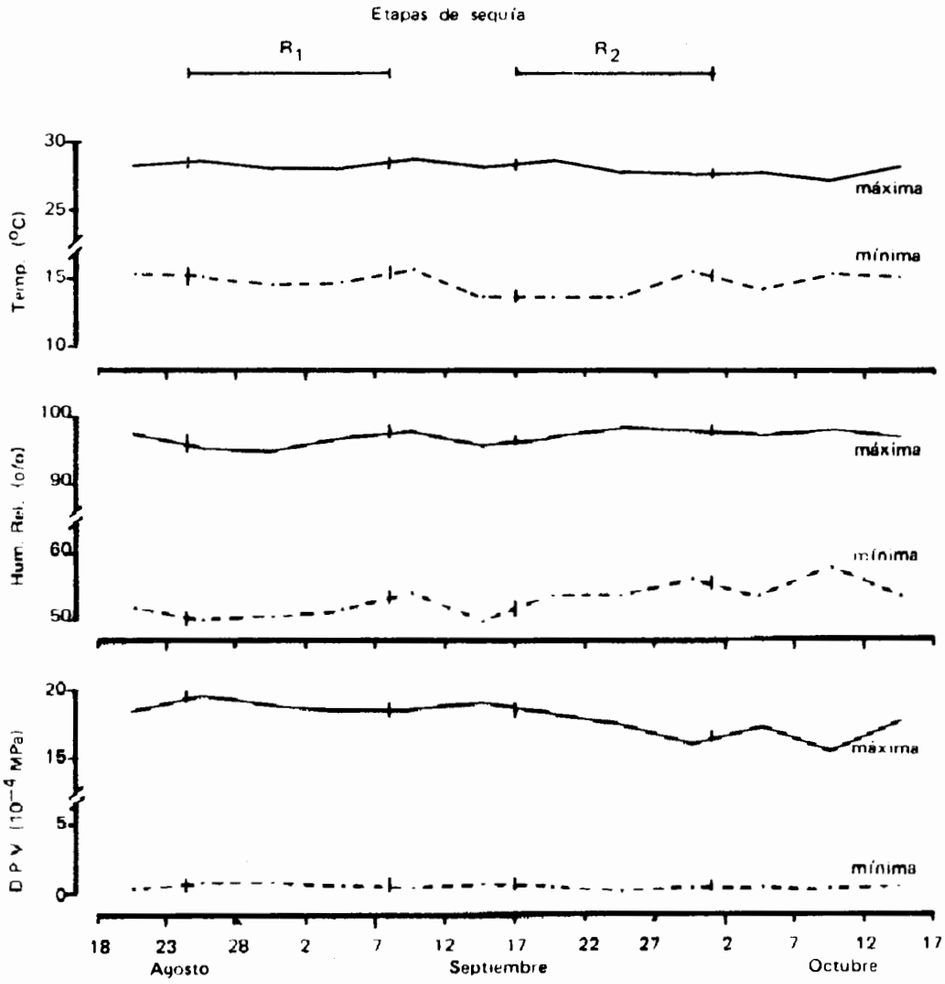


Fig. 1. **Dinámica de algunas variables ambientales registradas durante los periodos de sequía de las variedades.**

medición de las variables que se analizaron. El resto de las plantas se utilizaron para muestreos destructivos durante el desarrollo.

Durante los períodos de sequía se llevó registro de la reducción en el contenido de humedad del suelo en forma volumétrica pesando y muestreando tres macetas por variedad; en R_1 los muestreos fueron cada cuatro o cinco días y en R_2 cada siete u ocho días.

En el tiempo en que se dieron los tratamientos de sequía, se cubrió con plástico la parte superior de las macetas para evitar la evaporación directa del suelo.

Durante los períodos de sequía se tomaron al azar cinco plantas de cada variedad y se les midió periódicamente su área foliar multiplicando el largo x el ancho de cada hoja x 0.75 (Francis *et al.*, 1969). Con la suma del área de cada hoja se obtuvo el área foliar por planta. Se registró también la pérdida de área foliar la cual se cuantificó visualmente considerando el porcentaje de secamiento de cada hoja medida.

En los tratamientos R_0 y R_1 se cuantificó la aparición de las floraciones masculina y femenina en cada una de las plantas de las variedades; éstas se estudiaron en términos de porcentaje de ocurrencia.

En la madurez fisiológica se determinó el rendimiento de grano (REND), el número de granos (NG), el peso de 100 granos (PG), el peso seco total de la planta incluyendo raíz (PS) y el índice de cosecha (IC) en 12 plantas por variedad en cada tratamiento. El IC se calculó dividiendo el REND a cero humedad del grano entre el PS. La madurez fisiológica se consideró cuando en el 50% de las plantas de cada variedad en su tratamiento respectivo apareció la capa negra del grano.

Las variables se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas donde los tratamientos de humedad fueron las parcelas y las variedades las subparcelas. Cada planta se consideró como una repetición.

Durante el desarrollo del experimento se registró la temperatura y la humedad relativa del invernadero y con estos datos se calculó el déficit de presión de vapor (DPV).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variables ambientales

Las condiciones ambientales registradas en el invernadero durante el desarrollo de las plantas tuvieron en general poca variación (Fig. 1); solamente la humedad relativa mínima tendió a incrementar a partir de la segunda etapa de sequía y el DPV máximo a disminuir en ese mismo período.

Tratamientos de humedad del suelo

El tratamiento R_1 mostró un mayor abatimiento de la humedad del suelo que el tratamiento R_2 (Fig. 2); esto es debido en parte a que en R_1 hubo menos pérdida de área foliar que en R_2 (Figs. 3 y 4) y posiblemente dicha área foliar en R_1 tuvo mayor capacidad transpiratoria dado que eran hojas más jóvenes. Además, en R_1 el DPV se mantuvo ligeramente arriba del registrado en R_2 (Fig. 1), lo cual indica que las plantas en R_1 estuvieron sujetas a una mayor demanda de agua.

Area foliar

La deficiencia de agua ocasionó una pérdida del área foliar de 5.4 y 25.5 $dm^2\ pl^{-1}$ en R_1 y R_2, respectivamente en promedio de las variedades (Figs. 3 y 4); en cambio, en el tratamiento testigo el área foliar no

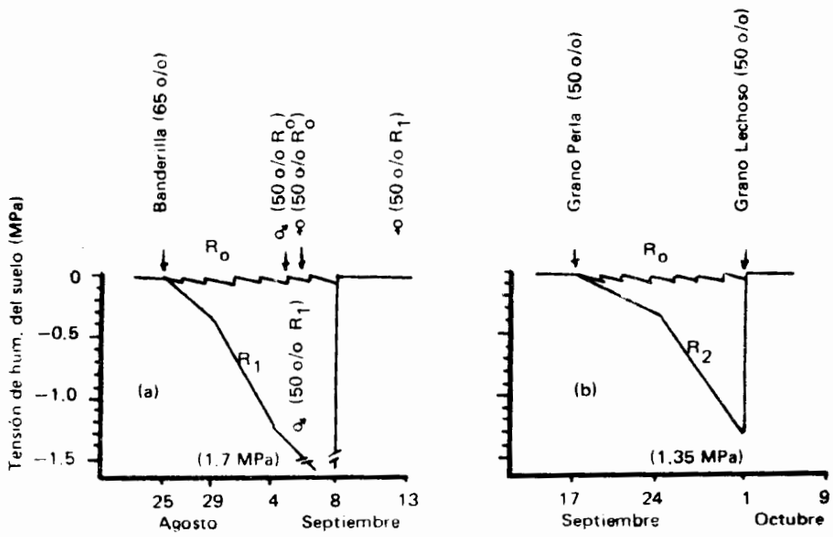


Fig. 2. **Tensión de humedad del suelo: a) durante la floración y b) durante el periodo de llenado de grano de tres variedades de maíz.**

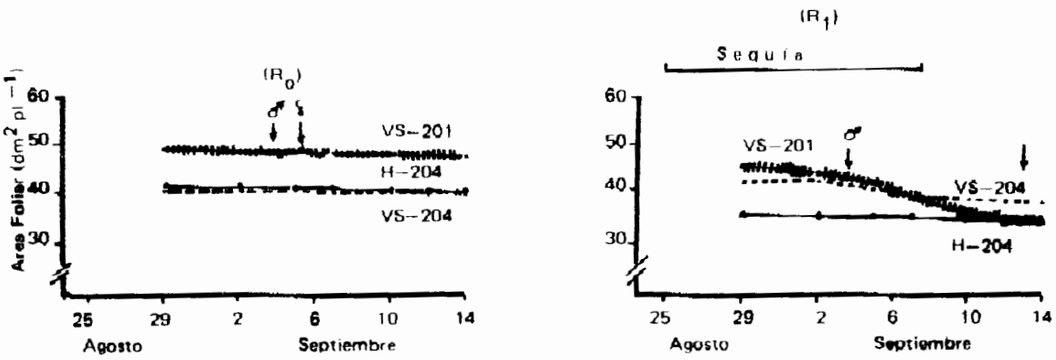


Fig. 3. **Area foliar de tres variedades de maíz sujetas a riego (R_0) y a sequía (R_1) durante el periodo de floración.**

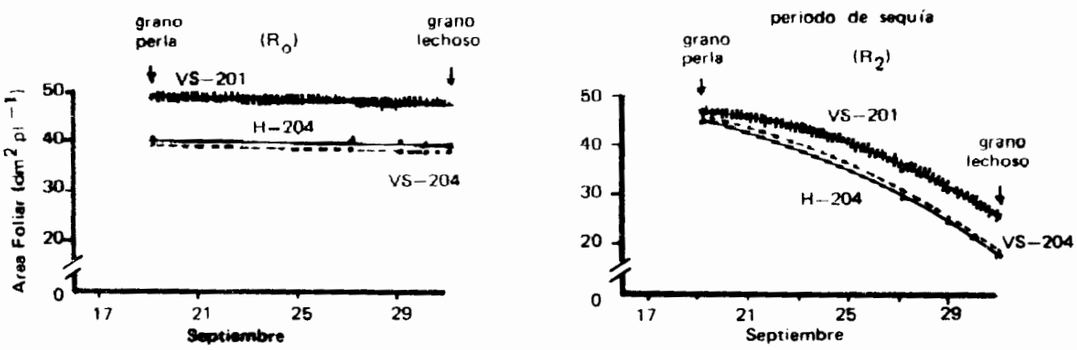


Fig. 4. **Area foliar de tres variedades de maíz sujetas a riego (R_0) y a la sequía (R_2) durante el periodo de llenado de grano.**

sufrió modificación alguna. La mayor pérdida de área foliar en R_2 posible-posiblemente está relacionada con el aceleramiento de la senescencia, lo que a su vez causó una aceleración de la madurez fisiológica, pues en este tratamiento dicha madurez se adelantó en promedio cuatro días con respecto a R_0.

En el tratamiento R_1 (Fig. 3) se aprecia que el híbrido H-204 tuvo la menor área foliar y una pérdida insignificante; la generación avanzada de este híbrido (VS-204) tuvo una área foliar mayor, y mostró también una pérdida reducida (3.7 dm^2 pl^{-1}); en cambio, la variedad testigo VS-201 tuvo la mayor área foliar y se asoció con la mayor pérdida (10.7 dm^2 pl^{-1}). Estos resultados sugieren que las variedades H-204 y VS-204 son menos afectadas por deshidratación, cuando ocurre sequía durante la floración; al respecto, ambos materiales solamente mostraron un marcado enrrollamiento de hojas bajo sequía, mientras que la variedad VS-201 perdió por secamiento partes de las hojas más jóvenes. La mayor pérdida de área foliar en VS-201 quizás estuvo asociada precisamente con la mayor producción de esta área, dado que una superficie foliar mayor tiene mayores pérdidas de agua por transpiración; por lo tanto, tendió a agotar con mayor rapidez el agua de las macetas, con lo cual se generó una mayor tensión en las plantas y se aceleró la senescencia.

En el tratamiento R_2 (Fig. 4), las tres variedades siguieron una misma tendencia a perder área foliar durante la sequía, sólo que en la variedad VS-201, la pérdida fue ligeramente menor, posiblemente por ser de ciclo un poco más tardío.

Floraciones

La deficiencia de humedad en R_1 no retrasó la ocurrencia de la antesis en ninguna de las variedades respecto a R_0 (Fig. 5); sólo se observó que la variedad VS-204 mostró una mayor variación; aspecto que la hace diferir del híbrido H-204, el cual tuvo la mayor uniformidad genética.

En el tratamiento de sequía, la ocurrencia de la floración femenina de las tres variedades sufrió un retraso muy marcado respecto a la aparición de la antesis de ese mismo tratamiento y a la ocurrencia de la floración femenina en las plantas desarrolladas bajo riego (Fig. 5). En sequía la emergencia de estigmas se inició después de que se aplicó el riego de recuperación. El híbrido H-204 fue el primero que inició la emergencia de estigmas después de la sequía y el que más rápido la finalizó; de ahí que se le considere con mayores posibilidades de fecundarse y producir grano bajo sequía como lo sugieren Hall *et al* (1980). El comportamiento de la variedad VS-204 no fue muy diferente al del híbrido H-204, ya que inició la emergencia de estigmas un día después y con la misma velocidad de ocurrencia; en cambio, la variedad VS-201 inició la emergencia de estigmas dos días después que el híbrido, en forma más lenta y no en todas las plantas; por ello se deduce que dicha variedad puede ser más sensible a deficiencias de humedad en esta etapa de desarrollo.

Rendimiento de grano y sus componentes.

El análisis de los tratamientos indicó que el REND y el NG disminuyeron más por la sequía en R_1 que en R_2 (Cuadro 1). El PG no se afectó significativamente por la sequía en ninguna etapa. Con relación al REND, muchos trabajos coinciden con el presente en el sentido de que la sequía durante la floración puede tener un efecto más marcado que en cualquier otra etapa de desarrollo (Denmead y Shaw, 1960; Fischer y Palmer, 1980),

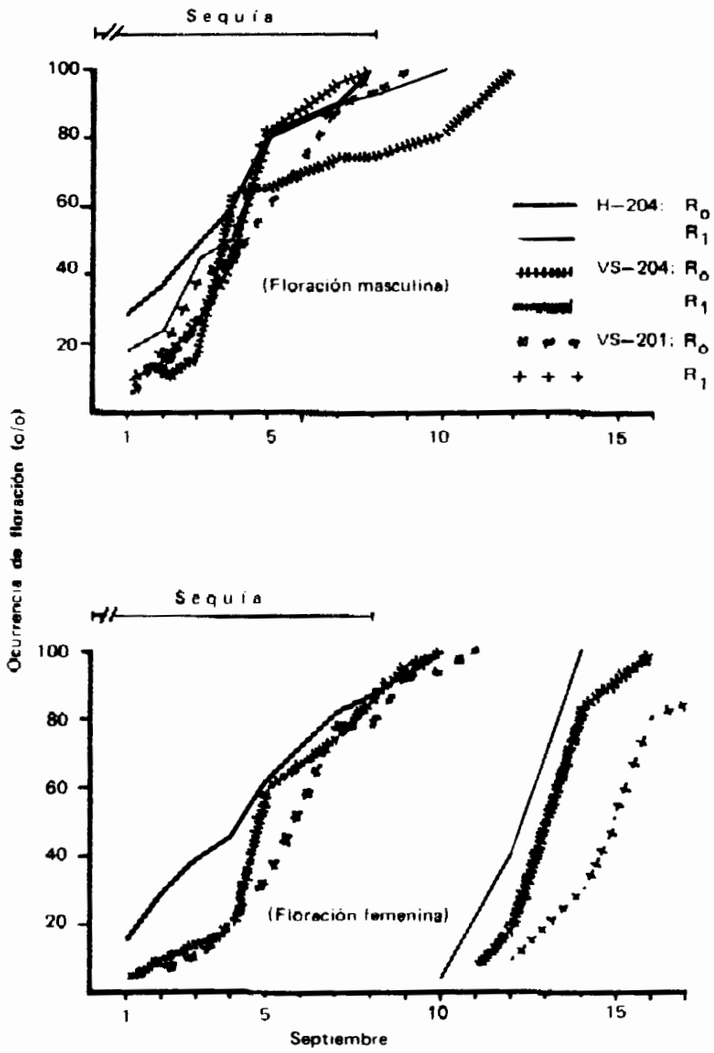


Fig. 5. **Ocurrencia de las floraciones de tres variedades de maíz sujetas a riego (R_0) y a sequía (R_1).**

aunque también se ha encontrado que dicho efecto puede depender de la variedad (Barnes y Wooley, 1969).

En el Cuadro 1 se observa también que en R_1 el híbrido H-204 y su generación F_4 (VS-204) disminuyeron menos y prácticamente en la misma proporción su REND por efecto de la sequía (38 y 35% respectivamente) en comparación con 72% de la variedad VS-201; en cambio en R_2, el efecto de la sequía se manifestó en una reducción similar del REND en las tres variedadades. Tanto H-204 como VS-204 se afectaron prácticamente igual en R_2 que en R_1; mientras que la variedad VS-201 se afectó menos en R_2 (disminuyó 25% comparado con 72% en R_1). De lo anterior se deduce que el híbrido H-204 y la variedad VS-204 son igualmente resistentes a la sequía en cualquiera de las dos etapas de desarrollo estudiadas y que la resistencia a la sequía a través del desarrollo puede diferir entre materiales constituidos con germoplasma diferente.

En los tres tratamientos estudiados, la generación avanzada (VS-204) presentó una moderada depresión en el REND, respecto de su F_1 (H-204); ésta fue de 13.0, 9.1 y 12.2% en los tratamientos R_0, R_1 y R_2, respectivamente. Sin embargo, la diferencia en rendimiento, entre los dos genotipos no fue significativa en ningún tratamiento (Cuadro 1). Los porcentajes de depresión encontrados aquí fueron inferiores a los informados por Ramírez *et al.* (1986) y superiores a los determinados para generaciones avanzadas F_2 por Delgado (1979).

Si bien existe una depresión numérica en el REND en la variedad VS-204 respecto de H-204, es posible, de acuerdo a su similitud en resistencia a la sequía que dicha variedad muestre la misma estabilidad y adaptación que el híbrido, bajo las condiciones de temporal en la región semiárida del Norte Centro del país, lo cual indudablemente representa una gran ventaja.

La reducción en el NG en respuesta a la sequía fue el factor más importante de la pérdida de rendimiento en el tratamiento R_1. Esta reducción en NG puede estar relacionada en parte con el retraso de la emergencia de los estigmas respecto a la antesis de las variedades (Fig. 5). En este caso, la variedad VS-201 tuvo la mayor reducción en NG y correspondió con el mayor retraso en la aparición de la floración femenina, lo cual se asoció además , con una reducción del 16% de plantas que no emergieron estigmas. Estos resultados concuerdan en parte con los obtenidos por Hall *et al.* (1980) quienes señalan que la reducción en el NG estuvo relacionada con una pobre emergencia de los estigmas basales de las mazorcas; agregan también que la producción del NG fue menor que el total de estigmas emergidos y deducen que pudo deberse a carencia de polen; aunque también se han observado anormalidades en el desarrollo del saco embrionario por efecto de la sequía (Moss y Downey, 1971). Por su parte, Herrero y Johnson (1981) encontraron que una sequía durante la floración no afectó la germinación del polen y que el desarrollo de la floración femenina se afectó más que el de la floración masculina. Por lo tanto, se considera que la capacidad de las variedades H-204 y VS-204 para disminuir menos el REND bajo sequía, parece estar relacionada con un menor efecto sobre los órganos femeninos y con una precocidad mayor.

En el tratamiento R_1 el PG, aunque no significativamente, fue un factor que contribuyó a la reducción del REND en la variedad VS-201. Los maíces H-204 y VS-204 no disminuyeron su PG por efecto de la sequía en esta etapa.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y sus componentes de tres variedades de maíz sujetas a sequía durante la floración (R_1) y llenado de grano (R_2).

Variable	Variedad	Testigo R_0	Tratamiento de sequía R_1	R_2
Rendimiento de grano (g pl^{-1})	H-204	108 a	67 b	74 ab
	VS-204	94 ab	61 bc	65 b
	VS-201	107 a	30 c	80 ab
	X =	103 A	53 C	73 B
Número de granos	H-204	364 a	232 b	325 ab
	VS-204	341 ab	228 b	282 ab
	VS-201	323 ab	102 c	273 ab
	X =	343 A	187 B	293 A
Peso de granos (g)	H-204	30	29	22
	VS-204	29	29	24
	VS-201	33	27	30
	X =	31	28	25

Promedios con igual letra dentro de cada variable son iguales estadísticamente: DMSH (0.05)
DMSH para interación: Rend = 34.4 g pl^{-1} y NG = 119
DMSH para tratamientos: Rend = 17.5 g pl^{-1} y NG = 55

Cuadro 2. Peso seco total de planta e índice de cosecha de tres variedades de maíz sujetas a sequía durante floración (R_1) y llenado de grano (R_2).

Variable	Variedad	Testigo R_0	Tratamiento de sequía R_1	R_2
Peso seco total (g pl^{-1})	VS-201	323 a	185 d	252 bc
	VS-204	267 ab	200 cd	209 cd
	H-204	265 b	201 cd	201 cd
	X	285 A	195 B	221 B
Indice de cosecha	VS-201	0.32 a	0.14 b	0.32 a
	VS-204	0.35 a	0.29 a	0.31 a
	H-204	0.41 a	0.33 a	0.35 a
	X	0.36 A	0.25 B	0.33 A

Promedios con igual letra dentro de cada variable son iguales estadísticamente: DMSH (0.05)
DMSH para interacción: PS = 57.1 g pl^{-1} e IC = 0.12
DMSH para tratamientos: PS = 34 g pl^{-1} e IC = 0.06

En el tratamiento R_2 no hubo respuestas diferentes en REND por efecto de la sequía entre las variedades; sin embargo, la reducción promedio fue de 29% y probablemente se debió a los efectos conjuntos del NG y del PG (15 y 17%, respectivamente). Algunos investigadores han señalado que durante el llenado del grano queda determinado el peso de éste (Eastin *et al.*, 1983); por consiguiente, una sequía ocurrida durante esta etapa afectará al PG; como sucedió en el presente trabajo. Con relación a la reducción en el NG posiblemente se deba a un aborto de los últimos órganos femeninos fecundados como encontraron Harder *et al.* (1983), ya que en este tratamiento la sequía se inició una semana después de que el total de plantas emergieron los estigmas; el informe de los investigadores mencionados señala dos semanas.

Peso seco total de planta e índice de cosecha

El análisis de los tratamientos indicó que el peso seco total (PS) promedio de las variedades disminuyó significativamente igual por la sequía de los tratamientos R_1 y R_2; mientras que el índice de cosecha (IC) sólo se afectó en R_1 (Cuadro 2).

En R_1, el PS de las tres variedades fue similar; sin embargo, el efecto de la sequía fue menos severo y se manifestó en igual magnitud, en los genotipos H-204 y VS-204, ya que disminuyeron el PS con relación a R_0, 64 y 67 g pl^{-1} respectivamente comparados con 138 g pl^{-1} de la variedad VS-201. Esta reducción en PS, se debió en parte a la disminución del REND de las variedades por daño en los órganos reproductivos y en parte también a una posible reducción de la actividad fotosintética por pérdida de área foliar como fue el caso de la variedad VS-201 o bien por cierre estomatal; lo cual ya ha sido determinado por algunos investigadores (Miller y Gardner, 1972; Muñoz *et al.*, 1983).

En el IC, el híbrido H-204 y la variedad VS-204 mostraron también una respuesta semejante. En ninguna de ellas se afectó significativamente por la sequía en el tratamiento R_1; en tanto que en la variedad VS-201 sufrió una severa reducción. Estos resultados sugieren que la distribución de materia seca al grano en los materiales H-204 y VS-204 no fue alterado por la deficiencia de humedad del suelo, como sucedió con la variedad testigo VS-201; la cual disminuyó más su REND que su PS. Cox y Jolliff (1986) encontraron resultados similares a los presentados aquí; ellos señalan que en girasol (*Helianthus annus*), el IC no se afectó por la sequía mientras que en soya (*Glysine max*) disminuyó en más del 50% y sufrió una reducción del 22% más en REND que el girasol, al cual consideraron de mayor resistencia a la sequía.

En R_2, el PS de las tres variedades disminuyó significativamente igual por la sequía; en tanto que el IC no se afectó. La reducción en el PS, parece estar relacionada con una pérdida de área foliar; si se considera que las tres variedades tuvieron reducciones de área foliar severas. En cuanto al IC, se puede señalar que tanto el rendimiento en grano como el peso de la materia seca fueron similarmente afectados por la sequía, por lo que el cociente entre estas dos variables (IC) no fue afectado.

CONCLUSIONES

El híbrido H-204 y su generación F_4 mostraron una reducida pérdida de área foliar cuando la sequía ocurió durante la floración, y severa durante el llenado de grano; a diferencia de la variedad VS-201, que en ambas etapas de desarrollo tuvo pérdida muy marcadas.

La deficiencia de humedad no afectó la ocurrencia de la antesis en ninguna variedad; pero retrasó la emergencia de los estigmas. En el híbrido y su generación F_4 los estigmas emergieron más temprano y más aceleradamente que en la variedad VS-201.

La sequía en la etapa de floración disminuyó el rendimiento de grano 38 y 35% en el híbrido H-204 y su generación F_4, respectivamente; mientras que en la variedad VS-201 se redujo en 72%. La sequía durante el llenado de grano afectó igual a las tres variedades (29% en promedio).

La generación F_4 mostró una depresión en el rendimiento de grano respecto a su F_1 de 13, 9 y 12% en los tres tratamientos de humedad, aunque tales diferencia en ningún caso fueran significativas. El índice de cosecha del híbrido H-204 y su generación F_4 no fue afectado por la sequía, mientras la variedad VS-201 redujo significativamente esta variable debido al tratamiento sequía en la floración.

De acuerdo a la similitud de respuesta a la sequía entre el híbrido y su generación F_4, se considera que la F_4 puede ser una alternativa adecuada para sustituir al híbrido y así facilitar la producción de semilla.

BIBLIOGRAFIA

Aparicio-Tejo, P.M., and J.S. Boyer. 1983. Significance of accelerated leaf senescence at low water potentials for water loss and grain yield in maize. Crop Sci. 23:1198-1202.

Barnes, D.L., and D.G. Wolley. 1969. Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single-eared and two-eared corn hybrid. Agron. J. 61:78-790.

Cox, W.J., and G.D. Jolliff. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficit. Agron. J. 78:226-230.

Delgado M., H. 1979. Posibilidades de obtención de variedades por selección masal en generaciones avanzadas de híbridos comerciales de maíz. Tesis de Maes-tría C.P., Chapingo, Méx.

Denmead, O.T., and R.H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52:272-274.

Donald, C.M., and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Adv. in Agron. 28:361-405.

Eastin, J.D., R.M. Castleberry, T.J. Hultquist, V. Mahalashmi, V.B. Ongulela, and J.R. Rice. 1983. Physiological aspects of high temperature and water stress. In: Raper, C.D. and P.J. Kramer (eds.) Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperature climates. Westview/Press/ Boulder, Colorado. 373 p.

Fischer, K.S., and A.F.E. Palmer. 1980. Yield efficiency in tropical maize. Symposium on "Potential Productivity of Field Crops under Different Environments", I R R I , Philippines.

Francis, C.A., J.N. Rutger, and F.E. Palmer. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 9:537-539.

González-Hernández, V.A. 1982. Sorghum responses to high temperature and water stress imposed during panicle development Thesis Ph. D. University of Nebraska, Lincoln, USA.

Hall, A.J., N.D. Ginzo, J.H. Lemcoff and A. Soriano. 1980. Influence of drought during pollen-shedding on flowering, growth and yield of maize. Z. Acker-und Pflanzenbau (J. Agron. and Crop Sci.) 149:287-298.

Hanway, J.J. 1971. How a corn plant develops. Iowa Coop. Ext. Spec. Rep. 48 (rev.).

Harder, H.J., R.E. Carlson, and R.H. Shaw. 1982. Yield, yield components, and nutrients content of corn grains as influenced by post-silking moisture stress. Agron. J. 74:275-278.

Herrero M., P., and R.R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. Crop. Sci. 21: 105-110.

Jurgens, S.K., R.R. Johnson, and J.S. Boyer. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. Agron. J. 70:678-682.

Miller, A.A., and W.R. Gardner. 1972. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. Agron. J. 64:559-561.

Muñoz O., A., K.R. Stevenson, J. Ortíz C., G.W. Thurtell y A. Carballo C. 1983. Transpiración, fotosíntesis, eficiencia en el uso de agua y potencial hídrico en maíces resistentes a sequía y heladas. Agrociencia 51:115-153.

Moss, G.I., and L.A. Downey. 1971. Influence of drought stress of female gametophyte development in corn (Zea mays L.) Crop Sci. 11:368-372.

Peña R., A. 1986. Comportamiento de cuatro especies cultivadas bajo condiciones deficientes de humedad. Tesis de Maestría. Centro de Genética, C.P., Montecillos, Méx.

_____ **y Ortíz V., M. 1989.** Selección familial combinada en el compuesto de amplia base genética y compuesto de selecciones blancas. En: Zapata A., R.J. y M. Luna F. (Compiladores). El maíz en el CIANOC. Resultados y avances hasta 1985. Publicación Especial No. 1 SARH-INIFAP-CIFAP-ZAC.

Ramírez V., P., M. Balderas M., y F. Gerón X., 1986. Potencial productivo de las generaciones avanzadas de los híbridos tropicales de maíz H-503 y H-510. Fitotecnia 8:20-34.