

SISTEMA RADICAL Y POTENCIAL HIDRICO FOLIAR EN MAICES DE TEMPORAL

Alfonso Peña Ramos, José Ricardo Gutiérrez Sánchez y Maximino Luna Flores ¹

RESUMEN

Tres compuestos de maíz derivados de VS-201 y dos de Zac-58 seleccionados bajo sequía, y las dos variedades originales, fueron estudiados bajo condiciones de temporal (secano) en Fco. I. Madero, Dgo. Se les midió peso seco de raíz, calificación visual de la cantidad de raíces secundarias, potencial hídrico foliar y rendimiento de grano. Los compuestos de VS-201 seleccionados bajo sequía mostraron mayor peso seco de raíz, mayor cantidad de raíces secundarias, potencial hídrico foliar más alto durante el llenado de grano y mayor rendimiento que la variedad original, sobresaliendo el compuesto ciclo cuarto seleccionado masalmente. Los compuestos seleccionados de la variedad Zac-58 solamente en rendimiento de grano superaron a la variedad original.

SUMMARY

Three cultivars of corn (*Zea mays* L.) derived from VS-201 and two derived from Zac-58, all of them selected for low water requirements, plus the two original varieties, were tested under rainfed conditions in Fco. I. Madero, Dgo. México. The measured parameters were root dry weight, root branching (visually graded), leaf water potential and grain yield. Those cultivars derived from VS-201 showed higher values in the four parameters than their original population, the best one being the cycle-fourth composite of mass selection. However, the selected materials from Zac-58 showed no difference with their parental population, except in grain yield.

INTRODUCCION

En el área de influencia del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro (CIANOC), la precipitación es por lo común irregular y escasa, ocasionando que las cosechas de maíz sean frecuentemente pobres y afectando seriamente la economía de los agricultores. Por lo anterior, en 1975 se inició en CIANOC un programa de mejoramiento genético de maíz enfocado a obtener variedades tolerantes a sequía. Las metodologías aplicadas fueron la selección masal moderna y la selección familiar combinada, ambas bajo el esquema riego-sequía empleando el rendimiento como criterio de selección.

Con el objeto de determinar si las variedades seleccionadas muestran mecanismos de tolerancia a la sequía, se realizó un estudio de campo para medir algunas carac-

¹ Investigadores del Programa de Maíz del Campo Agrícola Experimental Valle de Guadiana. CIANOC-INIA-SARH.

terísticas fisiológicas y morfológicas de la planta. Se partió del supuesto de que las variedades seleccionadas por su mayor rendimiento bajo sequía pudieron desarrollar características de adaptación que las hace responder mejor a condiciones de temporal deficiente.

REVISION DE LITERATURA

La Raíz en la Resistencia a la Sequía.

Levitt (1972) hace referencia a la importancia de la raíz en plantas bajo sequía, debido a su capacidad para extraer el agua del suelo. Al respecto, Kozłowski (1965) menciona que para una misma longitud radical hay mayor absorción de agua conforme mayor sea la proporción de raíces secundarias. Por su parte, Hurd (1969) señala que para regiones semiáridas es importante una rápida penetración de la raíz, apoyándose en que una variedad de trigo con esa característica redujo menos su rendimiento al desarrollarse en un ambiente de sequía. En sorgo, Bhan et al. (1973) encontraron líneas resistentes a la sequía que profundizaron más sus raíces a los 40 días de edad que las susceptibles, aunque a la madurez la diferencia entre ellas fue mínima; además, el número y peso de raíces primarias y secundarias fue superior en las líneas resistentes. Luna (1978) también encontró más raíces secundarias en variedades de maíz tolerantes a la sequía que en variedades susceptibles, aunque la materia seca de raíz resultó menor en algunas selecciones tolerantes que en la variedad original.

Potencial Hídrico Foliar.

Según Turner (1981), el potencial hídrico es uno de los parámetros básicos que describen el déficit de agua en la planta y lo define como la expresión del nivel energético del agua. Algunos investigadores han considerado la medición del potencial hídrico de la planta como una posible ayuda en la identificación de fenotipos resistentes a la sequía. Blum (1974) encontró que los sorgos susceptibles a la sequía mostraron un bajo potencial hídrico foliar en condiciones de deficiencias de humedad, y que los sorgos que evadieron la sequía presentaron mayor potencial hídrico foliar y menor resistencia a la difusión. Similarmente, en condiciones de sequía O'Toole y Cruz (1980) encontraron potenciales hídricos más altos en una variedad de arroz adaptada a sequía que en otra seleccionada bajo riego, lo cual atribuyeron a diferencias en la extensión del sistema radical, ya que no hubo diferencias en resistencia estomatal ni en enrollamiento de la hoja. Muñoz et al. (1983) observa-

ron que las variedades de maíz seleccionadas bajo sequía aumentaron su sensibilidad estomática, cerrando sus estomas a potenciales hídricos más altos y reduciendo más pronto la transpiración al descender el potencial hídrico de la hoja.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo fue realizado en el Campo Agrícola Experimental Auxiliar de Francisco I. Madero, Dgo., perteneciente al Campo Agrícola Experimental "Valle de Guadiana", del CIANOC.

El material genético utilizado incluye a las variedades Zac-58, Zac-58 C₃SFRS, Zac-58 C₃SFS, VS-201, VS-201 C₄SMS, VS-201 C₄SFS, VS-201 C₄SFRS, y al criollo Madero. Las variedades derivadas de Zac-58 corresponden al tercer ciclo de selección familiar mazorca por surco modificada (SF) obtenidas bajo sequía (S) o por el diferencial riego-sequía (RS) en Zacatecas. Las variedades derivadas de VS-201 corresponden al cuarto ciclo de selección masal (SM) o selección familiar (SF) también seleccionadas por su comportamiento en sequía (S) o por el diferencial riego-sequía (RS) en Durango. Este diferencial implica lotes paralelos de riego y de sequía al realizar la selección.

La evaluación de estas ocho variedades y otras 92 más se efectuó bajo condiciones de temporal, en un diseño látice simple 10 x 10. Cada parcela experimental consistió de 30 plantas a una densidad de 40 mil plantas por hectárea. El experimento se sembró el 16 de julio de 1980, fertilizado con la dosis 30-20-00. Durante el desarrollo del cultivo se midieron los días a floración, y se hicieron determinaciones de peso seco de raíz, mediciones del potencial hídrico foliar y del rendimiento de grano.

Las mediciones de raíz se efectuaron en plantas verdes poco antes de la madurez fisiológica. De cada parcela se tomaron al azar dos plantas sanas con competencia completa, mismas que se extrajeron con un paralelepípedo de suelo de 33 cm por lado y 50 cm de profundidad. La raíz contenida se separó con un cernidor fino y con la aplicación de agua, se secó a peso constante, y se determinó su peso seco en gramos por planta. Además, se calificó visualmente la cantidad de raíces secundarias con la escala 1 a 5, correspondiendo 1 al más alto contenido de raíces y 5 al más bajo.

Las mediciones del potencial hídrico foliar se realizaron en tres fechas, la primera a los 63 días, aproximadamente cuando las variedades del grupo de Zac-58

estaban en floración; la segunda a los 67 días, cerca de la floración del grupo VS-201; y la tercera a los 83 días, durante la etapa de llenado de grano. Para ello se utilizó una bomba de presión tipo Scholander provista con gas nitrógeno. En cada fecha se midieron cinco plantas con competencia por cada parcela, a partir de las 11:00 hr en una repetición y a partir de las 12:00 hr en la siguiente repetición. Las unidades se expresaron en bares.

A la cosecha se cuantificó el rendimiento de grano, ajustado al 12% de humedad y expresado en ton/ha.

Se realizó un análisis de varianza para rendimiento de grano y otro para peso seco de raíz. En el primer caso se utilizó el diseño original con las 100 variedades incluidas en el experimento; en el segundo se realizó un análisis en bloques completos al azar con ocho tratamientos. Para la comparación de medias, en ambos se utilizó el estadístico DMS al 0.05 de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSION

La buena precipitación ocurrida durante la estación de crecimiento (Fig. 1) promovió los altos rendimientos observados en ese año. Las variedades derivadas de VS-201 y Zac-58 rindieron más que sus correspondientes variedades originales, indicando que se ha logrado avance genético con los métodos de mejoramiento empleados. El criollo rindió menos que los VS-201 y más que los Zac-58, pero estos últimos llegaron a floración diez días antes que el criollo.

Los datos del Cuadro 1 muestran que el grupo de VS-201 presentó mayor peso seco y mejor calificación de raíz que el grupo de Zac-58. Dentro del grupo de VS-201 se aprecia que los compuestos seleccionados superaron a la variedad original y al criollo regional en cuanto a peso seco y calificación de raíz, así como en rendimiento. Lo anterior sugiere que al seleccionar por rendimiento bajo sequía, se mejoró también el sistema radical de VS-201, lo que permite suponer que las variedades así seleccionadas tienen más posibilidades de tolerar la sequía que la variedad original. Similarmente, en sorgo Bhan *et al.* (1973) encontraron que las líneas resistentes a sequía tuvieron un mayor número y peso de raíces primarias y secundarias; Luna (1978) también encontró más raíces secundarias en variedades de maíz tolerantes a sequía que en variedades susceptibles, y aunque en algunas selecciones tolerantes la materia seca de raíz resultó inferior a la variedad original, la relación agua retenida

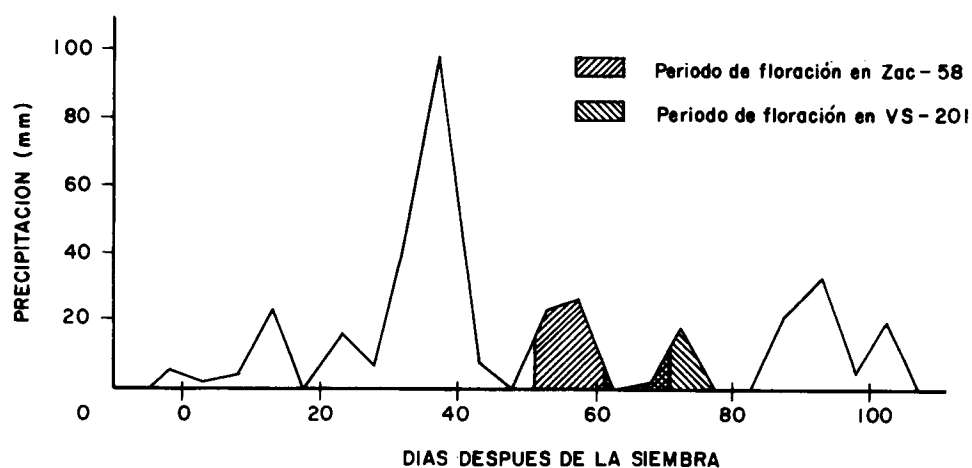


Fig. 1 Precipitación registrada en periodos de cinco días durante la estación de crecimiento del cultivo. Madero, Dgo. 1980.

por la raíz/volumen de raíz fue mayor en las variedades seleccionadas por tener mayor cantidad de raíces secundarias.

Cuadro 1. Rendimiento, peso seco de raíz y calificación de raíz en compuestos de VS-201 y Zac-58, y en un criollo regional.

Variedad	Rend. (ton/ha)	Peso seco de raíz (g/pta)	Calif. raíz	Días a floración
VS-201 C ₄ SMS	4.4	16	1.5	68
VS-201 C ₄ SFS	4.2	20	2.0	68
VS-201 C ₄ SFRS	3.8	20	2.0	70
VS-201	3.5	12	2.5	68
CR MADERO	3.3	14	2.5	71
Zac-58 C ₃ SFRS	3.0	8	3.5	62
Zac-58 C ₃ SFS	2.6	5	4.5	61
Zac-58	1.6	8	4.0	60
DMS	0.75	6.9	-	-

En el presente estudio, las ganancias en rendimiento debidas a selección en VS-201, sólo fueron significativas respecto a la variedad original en la variedad

VS-201 C₄ SMS, mientras que en peso seco de raíz las variedades seleccionadas familiarmente bajo sequía (VS-210 C₄SFS) y por el diferencial riego sequía (VS-201 C₄SFRS) superaron significativamente a la variedad original. Los compuestos de Zac-58 seleccionados familiarmente bajo sequía (Zac-58 C₃SFS) y por el diferencial riego-sequía (Zac-58 C₃SFRS) mostraron ganancias significativas sobre la variedad original en rendimiento de grano, pero no en peso seco de raíz. Aparentemente, el peso de raíz y el número de raíces secundarias no fueron factores importantes en el incremento del rendimiento de estas selecciones.

En el Cuadro 2 se observa que el potencial hídrico foliar presentó mayor variación entre variedades a medida que avanzó el desarrollo de las plantas, como lo indican las varianzas correspondientes a las tres fechas de muestreo. Lo anterior pudo ser debido a la disminución de la precipitación entre los 55 y 87 días, época en la que sólo se registraron 20 mm de lluvia (Fig. 1), lo que parece indicar que mientras haya menos agua disponible para el cultivo, el potencial hídrico foliar será más heterogéneo entre variedades. En el mismo Cuadro 2 se aprecia que, en todas las variedades, los potenciales hídricos foliares fueron más bajos durante el llenado del grano que en la época de floración.

Cuadro 2. Potencial hídrico foliar de ocho variedades de maíz, en tres fechas.

Variedad	Días después de la siembra		
	63	67	83
VS-201 C ₄ SMS	-11.9	-9.2	-17.6
VS-201 C ₄ SFS	-12.0	-11.4	-17.6
VS-201 C ₄ SFRS	-11.9	-10.6	-22.0
VS-201	-11.9	-11.4	-21.7
CR MADERO	-13.2	-14.3	-23.1
Zac-58 C ₃ SFRS	-12.6	-11.8	-16.7
Zac-58 C ₃ SFS	-10.3	-11.3	-14.5
Zac-58	-11.3	-11.4	-16.1
S ²	0.64	1.76	8.76

Por otra parte, los maíces de VS-201 y de Zac-58 mostraron potenciales hídricos más altos que el criollo en las tres fechas medidas. Durante el llenado de grano los compuestos de VS-201 seleccionados bajo sequía en promedio superaron por 4.3

bares a los potenciales hídricos, de la variedad original y del compuesto seleccionado por el diferencial riego-sequía. Al respecto, Blum (1974) encontró que las variedades de sorgo que evadieron la sequía tuvieron potenciales hídricos más altos. Es posible entonces que las variedades de VS-201 seleccionadas por su rendimiento bajo sequía tengan mayor tolerancia a dicho efecto por haber mejorado su capacidad para mantener un más alto nivel energético del agua en sus tejidos, y por la ganancia lograda en el peso seco de su raíz y en la cantidad de raíces secundarias (Cuadro 1). El compuesto seleccionado masalmente bajo sequía (VS-201 C₄SMS) mostró desde la floración el potencial hídrico foliar más alto y tuvo la mejor calificación de raíz y el mayor rendimiento de grano.

Del grupo de Zac-58, el compuesto seleccionado familiarmente bajo sequía (Zac-58 C₃SFS) fue el único que durante el llenado de grano tuvo un potencial hídrico foliar superior al de la variedad original, aunque la diferencia fue pequeña (1.6 bares). Parece ser que en este grupo la selección familiar no causó modificaciones en esta característica, ni en peso seco ni ramificación de la raíz, por lo que el avance en rendimiento debió ser función de otros caracteres. Sin embargo, dada la precocidad de estos materiales, su bajo contenido radical y su alto potencial hídrico foliar (en comparación con el grupo de VS-201, en la etapa de llenado de grano), se pueden considerar como variedades que escapan a la sequía.

CONCLUSIONES

Las variedades del grupo VS-201 tuvieron un sistema radical mayor que las de Zac-58; también fueron más tardías y de mayor rendimiento. En cambio, las variedades del grupo de Zac-58 tuvieron potenciales hídricos foliares más altos.

Los compuestos de VS-201 seleccionados bajo sequía mostraron superioridad en peso seco y calificación de raíz, en potencial hídrico foliar y en rendimiento sobre la variedad original, sobresaliendo el compuesto seleccionado masalmente (VS-201 C₄SMS).

Los compuestos seleccionados de la variedad Zac-58 no mostraron ganancias en peso seco de raíz, calificación de raíz ni en potencial hídrico, respecto a la variedad original; sólo la superaron en rendimiento de grano.

BIBLIOGRAFIA

- Bhan Suraj, G., H. Sing, and A. Sing. 1973. Note on root development as an index of drought resistance in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench). Indian J. Agric. Sci. 43:828-830.
- Blum, A. 1974. Genotypic responses in sorghum to drought stress. I. Response to soil moisture stress. Crop Sci. 14:361-364.
- Hurd, E.A. 1969. A method of breeding for yield of wheat in semiarid climates. Euphytica 18: 217-226.
- Kozlowski, T.T. 1965. Water metabolism in plants. Harper and Row. New York.
- Levitt, J. 1972. Response of plants to environmental stresses. Academic Press. New York.
- Luna, F.M. 1978. Posibilidades de obtención de variedades de maíz tolerantes a la sequía mediante el uso de polen y estigmas resistentes a la desecación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Muñoz, O.A., K.R. Stevenson, J. Ortíz C., G.W. Thurtell y A. Carballo C. 1983. Transpiración, fotosíntesis, eficiencia en el uso del agua y potencial hídrico en maíces resistentes a sequía y heladas. Agrociencia 51: 115-153.
- O'Toole, J.C. and R.T. Cruz. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. Plant Physiol. 65: 428-432.
- Turner, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil 58: 339-366.