

# MAIZ: EFECTOS DE LA TEMPERATURA DEL SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DE RAÍCES Y SU RELACIÓN CON LA BIOMASA AÉREA

Hugo O. Chidichimo y Marcelo D. Asborno

Cátedras de Cerealicultura y Climatología y Fenología Agrícola.  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Av. 60 y 119 - (1900) La Plata.  
C.I.C. Provincia de Buenos Aires.

## SUMMARY

The root system of maize and the relation with aerial growth was studied under different soil temperatures in the initial stages of growth. The trials were conducted in controlled conditions. The greatest values of aerial biomass (BA) and root dry matter production (MSR) were obtained under elevated temperature conditions. Contrarily, the lowest temperature determined smallest values of BA and MSR. The plant and root system growths were correlated, but at low temperatures the relation MRS/BA increased. This situation would contribute to minimize the risk for crop establishment in early sowing.

Key words: corn, roots, soil temperature.

## INTRODUCCIÓN

La variación de la época de siembra expone al cultivo de maíz a diferentes condiciones de ambiente que influyen notoriamente en la expresión de sus fases y productividad. El adelanto o atraso de la siembra se halla asociado al desarrollo de planteos productivos que tienden a maximizar el rendimiento o bien a incrementar las alternativas de manejo (Cirilo et al., 1992).

En este aspecto la temperatura del suelo juega un rol fundamental, resultando decisiva en la instalación temprana del cultivo, donde bajos registros térmicos acrecientan los riesgos sobre el nacimiento y otras fases del crecimiento inicial de maíz, estrechamente asociadas con la densidad de plantas a obtener en la cosecha (Otegui et al, 1992).

El efecto de los elementos climáticos -temperatura, fotoperiodo, etc- sobre los eventos del crecimiento y desarrollo aéreo del maíz han sido señalados por numerosos investigadores. Contrariamente, la información resulta escasa respecto a la temperatura

del suelo y su relación con el crecimiento radical y aéreo.

El crecimiento óptimo de las raíces de maíz opera entre los 25°C y 30°C, resultando sus límites extremos de 9°C y 40°C (umbrales de inhibición del crecimiento) (Blacklow, 1972; Glinski and Lipiec, 1991).

Asimismo, resulta necesario destacar la sensibilidad del maíz a pequeños cambios de temperatura del suelo (Walker, 1969) que afectan el crecimiento de las raíces, modifican la relación tallo-planta (Blacklow, 1972; Neilsen, 1974) y condicionan la toma de nutrientes (Neilsen y Barber, 1978), entre otros aspectos.

En base a estos antecedentes, la variación de la temperatura del suelo, como consecuencia de distintas épocas de siembra, afectaría el crecimiento de las raíces y la relación entre ellas con la biomasa aérea. El objetivo de este trabajo es estudiar algunas características del sistema de raíces y su relación con el crecimiento aéreo bajo diferentes condiciones de temperatura del suelo en los estadios iniciales del cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos experimentales se condujeron en condiciones controladas donde se simularon los siguientes ambientes: 1) Condición de temperatura deficitaria, homologo-gando una siembra temprana realizada a fines de agosto en la región cerealera. 2) Condiciones normales: siembra desde fines de setiembre a principios de octubre. 3) Siembra tardía con temperaturas elevadas desde el punto de vista del desarrollo del cultivo pero muy adecuadas para la germinación y nacimiento.

En las 3 situaciones generadas se sembraron granos de distinto calibre y peso similar a fin de evitar diferencias de crecimiento por tamaño; se ubicaron en potes con sustrato homogéneo, con germinación incipiente y el germen hacia arriba, a 3 cm de profundidad cubiertos por una fina capa de arena. Se utilizaron 3 genotipos: Dekalb 4F37 (doble, duro, ciclo completo), Cargill TH92 (triple, duro, ciclo completo) y Cargill C270 (triple, semi-dentado, ciclo intermedio).

Se midió la altura de plantas, se observó el estado fenológico, la presencia de raíces adventicias y se determinó la materia seca de la planta expresada como biomasa aérea (BA) y radicular (MSR) cuando las mismas alcanzaron el estado de collar visible de la cuarta hoja. Se aplicó la técnica de extracción y lavado de raíces de Ward et al. (1978), modificada por Chidichimo y Asborn de acuerdo a características propias de estas experiencias.

Se registraron las temperaturas de suelo a profundidad de siembra con un equipo automático programable, con sensores Pt-100. Los grados día se calcularon a partir de una temperatura base de 10°C (Coelho y Dale, 1980) comúnmente utilizada en modelos de simulación fenológica de maíz (Muchow et al., 1990; Kinry & Bonhomme, 1991), para las diferentes situaciones ambientales.

El diseño estadístico fue en bloques al azar con repeticiones, se analizaron los resultados en factorial, se calculó la varianza

comparando los valores medios con el test de Tukey y se determinó la interacción entre factores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 B se pone de manifiesto el efecto de la temperatura sobre la producción de biomasa aérea (BA). Entre los tratamientos estudiados se encontraron diferencias significativas, aunque el umbral de 25°C se destaca por la elevada tasa diaria (46 mg/día) y producción final de materia seca por planta.

En relación a la producción de materia seca de raíces (MSR) (Tabla 2.B) se evidencia una tendencia similar a la observada para BA, la mayor producción y tasa de crecimiento se ubicaron igualmente a la temperatura media de 25°C, cercana a las óptimas señaladas por Walker (1969) y Blacklow (1972) para similar estado fenológico.

La duración del estadio considerado -siembra a cuarta hoja desplegada- estuvo estrechamente asociado con la disponibilidad térmica (Tabla 4). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por otros autores (Stamp, 1981; Castleberry, 1978 y Shaw, 1955), donde se pone de manifiesto el efecto determinante de la temperatura, especialmente cuando no existen limitantes hídricas. El tiempo térmico de la etapa indicada (expresado en grados día) resultó de 204 GD para la condición de temperatura más elevada. Los restantes tratamientos mostraron menores valores, justificándose la diferencia en razón de la metodología empleada, en la cual se utilizó la misma temperatura base para cada uno de ellos.

Durante el crecimiento vegetativo la planta de maíz evidencia una firme tendencia a incrementar en forma paralela la BA y la MSR (Russell, 1977). Asimismo la tasa de crecimiento de las raíces es independiente de la del tallo, representando cada una de ellas una función lineal en relación al tiempo.

En este trabajo se encontró que la relación MSR/BA puede cambiar como consecuencia de la variación genética, puesta

de manifiesto a través de los híbridos utilizados, o de la modificación de factores ambientales como la temperatura del suelo.

La condición de elevada temperatura (Tabla 4), aunque óptima para este subperíodo, permitió obtener los valores biológicos más altos (MSR y BA) y una relación MSR/BA de 0,28 como consecuencia de un mayor crecimiento aéreo (Tabla 3).

Contrariamente, en condiciones térmicas deficitarias se encontraron los menores valores biológicos y una modificación sustancial de la relación indicada, que ascendió a 0,50 (Figura 1).

Estos resultados podrían atribuirse a la exposición térmica de 12°C -cerca al umbral mínimo del rango de crecimiento 9-40°C citado por Blacklow (1972)- que puede afectar el crecimiento del tallo sin ser defectiva para el crecimiento radical (Nielsen y Cunningham, 1964), y que resulta similar al estimado recientemente por Engels y Marschner (1996). Asimismo, debe tenerse en cuenta que pequeños cambios en la temperatura del suelo pueden inducir efectos significativos en el crecimiento y toma de nutrientes (Walker, 1969).

También es factible atribuirlos a cierta actividad interdependiente entre la raíz y el tallo derivada del gradiente de temperatura del suelo en la región de elongación de ambos ejes; o bien a un efecto del balance regulador del crecimiento donde la radícula estimula al eje del tallo (Blacklow, 1972).

En la Tabla 2A, 1A y Figura 1 se expresan los resultados de MSR, BA y MSR/BA para los cultivares intervinientes, las diferencias entre los híbridos para los dos últimos parámetros estudiados resultaron significativas. Considerando que la expresión de los valores biológicos citados pueden estar asociados al peso de la semilla, se analizaron las correlaciones entre este y la MSR y con la BA, resultando no significativas.

Por tal motivo, el comportamiento

de los genotipos expresaría una diferente habilidad para crecer en distintas condiciones de temperatura, independientemente del tamaño de la semilla. Esta situación fue corroborada mediante el análisis de la interacción genotipo-temperatura que resultó altamente significativa.

De lo expuesto se deduce que la adaptación de los híbridos de maíz a bajas temperaturas de suelo, como característica de innegable utilidad, podría asociarse a la expresión de la relación MSR/BA como finalidad a ser tenida en cuenta en el mejoramiento genético.

Asimismo, se evidenciaron otros cambios fenotípicos tales como incrementos de pigmentación y disminución de raíces adventicias en el tratamiento de temperaturas subóptimas, en coincidencia con lo señalado por Pellerín y Pagés (1994) para modificaciones del sistema de enraizamiento en condiciones de estrés ambiental.

La altura de las plantas y longitud de la cuarta hoja estuvieron estrechamente asociadas a los cambios de temperatura, disminuyendo proporcionalmente según el descenso de la misma. Estas modificaciones de los órganos y sus relaciones entre sí, se presentan frecuentemente en condiciones de ambiente desfavorables durante el crecimiento inicial (Verheul et al., 1996).

**Tabla N°1: Biomasa aérea (BA) de plántula expresada como materia seca (mg/pl).**

#### **1.A) BA por Cultivares**

Método: Test de Tukey (0.05)

Tratamientos	Media	Homogeneidad
4F37	341.80	
TH92	343.22	
C-270	358.19	
Dif. Min. Sig.		14.44

### **1.B) BA por Temperatura**

Método: Test de Tukey (0.05)

Tratamientos	Media	Homogeneidad
12.2°C	162.10	
17.0°C	280.05	
25.4°C	601.06	
Dif.Min.Sig.		14.44

**Tabla N°2: Materia seca de raíz (MSR) expresada en mg/pl.**

### **2.A) MSR por Cultivares**

Método: Test de Tukey (0.05)

Tratamientos	Media	Homogeneidad
C-270	113.41	
4F37	117.20	
TH92	119.47	
Dif.Min.Sig.		8.00

### **2.B) MSR por Temperatura**

Método: Test de Tukey (0.05)

Tratamientos	Media	Homogeneidad
12.2°C	81.00	
17.0°C	97.00	
25.4°C	172.06	
Dif.Min.Sig.		8.00

**Tabla 3: Relación Materia seca de raíz / Biomasa Area**

### **3.A) MSR/BA por Temperatura**

Método: Test de Tukey (0.05)

Tratamientos	Media	Homogeneidad
25.4°C	0.286	
17.0°C	0.346	
12.2°C	0.501	
Dif.Min.Sig.		0.051

### **CONCLUSIONES**

La condición de temperatura deficitaria, asociada a siembras tempranas, con el consiguiente riesgo en la instalación del cultivo, puede resultar parcialmente neutralizada por una mayor relación MSR/BA, que es característica en los diferentes genotipos.

El comportamiento diferencial de los híbridos de maíz expuestos a distintas temperaturas de suelo se corrobora a través de la interacción significativa genotipo-temperatura.

### **AGRADECIMIENTO**

A los Ing. Agr. M. Pardi, V. Fapitalle y a la Ing. Q. F. Pau, por su colaboración.

### **BIBLIOGRAFÍA**

BLACKLOW W.M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 12:647-650.

CASTLEBERRY R.M., J.A. TEERY and J.F. BURIEL. 1978. Vegetative growth responses of maize genotypes to simulated natural chilling events. *Crop Sci.* 18:633-637

CIRILO A.G., F.H. ANDRADE, S.A. UHART y M. GAGGIOTTI. 1992. Rendimiento y partición de materia seca en maíz bajo diferentes fechas de siembra. V Congreso Nacional de Maíz '92 y II Reunión Suramericana. Pergamino. Arg. II:11-19.

COELHO D.T. and R.F. DALE. 1980. An energy crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. *Agronomy Journal* vol 72: 503-511.

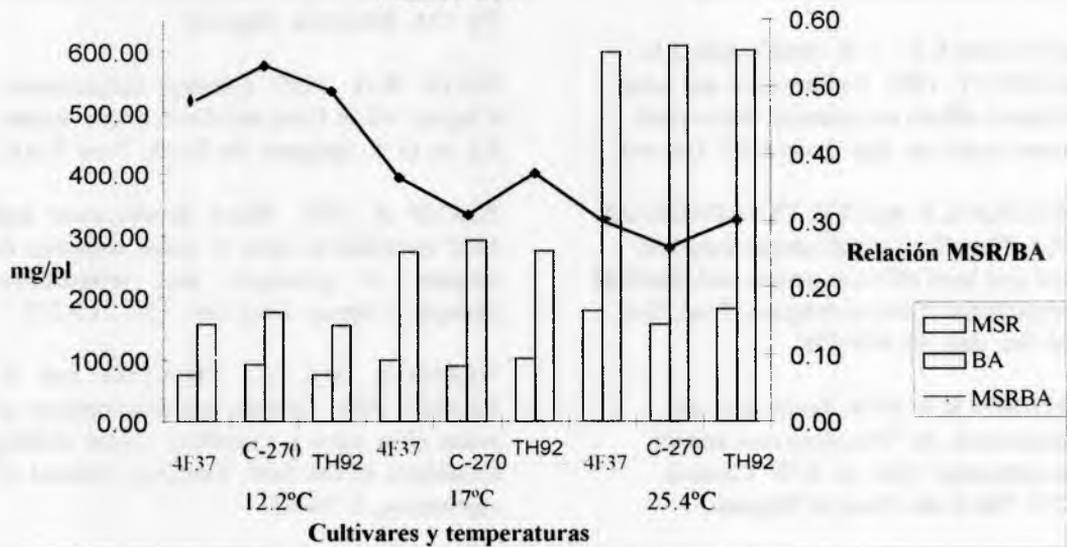
ENGELS C. and H. MARSCHNER. 1996. Effect of root zone temperature and shoot demand on nitrogen translocation from the roots to the shoot in maize supplied with nitrate or ammonium. *Plant Physiol. Biochem.* 34(5):735-742.

GLINSKI J. and J. LIPIEC. 1991. Soil physical conditions and plant roots. CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida. USA.

HARLEY J.L. AND R.S. RUSSELL. 1979. The soil-root interfase. Academic Press. London. p. 448.

**Figura 1**

**Materia seca de raíz, biomasa aérea y relación MSR / BA**



**Tabla N°4: Condiciones térmicas, comportamiento de los genotipos en relación a diferentes parámetros agronómicos.**

Condición Térmica	Temperatura Deficitaria TM: 12,2°C			Temperatura Normal TM: 17,0°C			Temperatura Elevada TM: 25,4°C			
	Cultivar	4F-37	TH-92	C-270	4F-37	TH-92	C-270	4F-37	TH-92	C-270
MSR		74.4	75.8	92.8	99.0	102.1	89.9	178.2	180.5	157.5
BA		155.9	154.6	175.7	272.2	276.2	291.7	597.3	598.8	607.1
Altura pl.		114	119	125	324	331	319	475	437	426
Días a 4ªhoja		54	55	50	20	20	19	13	13	13
Raíces adv.		Au	Au	Au	Nr	Nr	Nr	Ab	Ab	Ab

Referencias:

TM: temperatura media durante el período.  
 GD: grados día del mismo período (tb=10°C)  
 MSR: materia seca de raíz en mg/planta  
 BA: biomasa aérea en mg/planta

Raíces adventicias:  
 Ab = abundantes  
 Nr = normales  
 Au = ausentes

- KINIRY J.R. AND R. BONHOMME. 1991. Predicting maize phenology. Pp. 115-131, in Predicting Crop Phenology. Hodges, T.ed. Boca Raton, Louisiana, CRS Press.
- MUCHOW R.C., T.R. SINCLAIR, J.M. BENNETT. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. Agr. Journal 82:338-343.
- NEILSEN K.F. and R.K. CUNNINGHAM. 1964. The effect of soil temperature and form and level of N on growth and chemical composition of italian ryegrass. Proc. Soc. Soil Sci. Am. 41:449-556.
- NEILSEN K.F. 1974. Roots and root temperature. In "The plant root and its environments" (Ed. by E.W. Carson) p.293. The Univ. Press of Virginia.
- NEILSEN N.E. and Barber S.A. 1978). Differences between genotypes of corn in the kinetics of phosphorus uptake. Agronomy Journal 70:129-135.
- OTEGUI M., D. PETRUZZI, R.A. RUIZ y P.A. DODDS. 1992. Productividad potencial del cultivo de maíz en la zona norte de la Provincia de Buenos Aires. V Congreso Nacional de Maíz '92 y II Reunión Suramericana. Pergamino Arg II:67-75.
- RUSSELL R.S. 1977. Plant root systems. Their function and interaction with the soil McGraw-Hill Book Company (UK) Limited. Pp. 218. Berkshire. England.
- SHAW R.H. 1955. Climatic Requirement. Chapter VII in Corn and Corn Improvement. Ed. by G. F. Sprague. Ac Ps. Inc New York.
- STAMP P. 1981. Shoot development and CO<sub>2</sub> assimilation rates of maize seedlings in relation to genotype and temperature changes. J. Agron. Crop Sci., 150: 215-222.
- VERHEUL M.J., C. PICATTO and P. STAMP. 1996. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) seedling under chilling conditions in the field. European Journal of Agronomy, 5: 31-43.
- WALKER J.M. 1969. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behaviour. Proc. Soc. Soil Sci. Am. 33: 729-736.
- WARD K.J., B. KLEPPER, R.W. RICKMAN and R.R. ALMARAS. 1978. Quantitative estimation of living wheat root lengths in soil cores. Agronomy Journal vol 70:675-677.