

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS SUBOPTIMAS DE LA RIZOSFERA SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO EN GENOTIPOS DE MAIZ

Hugo Oscar CHIDICHIMO¹ y Marcelo Daniel ASBORNO²

RESUMEN

La variación en la época de siembra crea diferentes condiciones térmicas del suelo que inciden en el crecimiento radical y aéreo del maíz. Con el objetivo de estudiar los efectos de la temperatura del suelo sobre ocho genotipos se generaron, en condiciones controladas, situaciones equivalentes a siembras tempranas y normales. La mayor producción de biomasa aérea (BA) y radical (BR) se obtuvo en la condición de temperatura normal; mientras que, con temperaturas subóptimas los valores biológicos BA y BR disminuyeron pero no lo hicieron en igual proporción. Por ello, la relación BR/BA se modificó a causa de una disminución importante de la BA, siendo solo ligeramente inferior la reducción de la BR. Algunos genotipos resultaron con mayor aptitud para neutralizar los riesgos que se presentan en una instalación temprana del cultivo, como consecuencia de un mayor índice BR/BA.

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. En la región maicera argentina la época de siembra de mayor concentración para maíz se ubica en el mes de setiembre con temperaturas de suelo del orden de los 15°C. Actualmente, con el advenimiento de los sistemas de alta producción, existe una firme tendencia para adelantar las épocas de siembra, de manera tal que las mismas permitan la ocurrencia del período crítico en momentos de alta radiación incidente y adecuada disponibilidad hídrica.

Las siembras tempranas, con bajos registros térmicos al comienzo del ciclo, acrecientan riesgos en el nacimiento y prolongan la duración de los períodos iniciales del cultivo, pero disminuyen las posibilidades de estrés hídrico en floración, se obtienen adecuados coeficientes de conversión, resultando la partición de la materia seca más “reproductiva” (Andrade *et al*, 1996) y consecuentemente con mayores rendimientos.

El efecto de los elementos climáticos - temperatura, fotoperíodo, etc. - sobre los eventos del crecimiento y desarrollo aéreo del maíz ha sido señalado por numerosos investigadores.

¹ Profesor de Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Av. 60 y 118 (1900) La Plata. Argentina. CIC Bs. As. E-mail: hochidi@isis.unlp.edu.ar

² Profesor de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Av. 60 y 118 (1900) la Plata. Argentina. E-mail: masborn@isis.unlp.edu.ar

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 de 9°C y 40°C (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.

Teniendo en cuenta que la variación de la temperatura del suelo - como consecuencia de las distintas épocas de siembra - incide definitivamente en el crecimiento inicial del cultivo, puede sostenerse que dicho efecto sería de distinta magnitud al considerar los sistemas radicales de distintos genotipos y su relación con el aparato aéreo.

El objetivo del presente trabajo es estudiar las características del sistema de raíces de ocho genotipos de maíz y su relación con el crecimiento aéreo bajo diferentes condiciones térmicas del suelo, equivalentes a la variación en la época de siembra, en los estadíos iniciales hasta la diferenciación del ápice.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos experimentales se condujeron en condiciones controladas donde se simularon los siguientes ambientes edafoclimáticos: a) Condición de temperatura subóptima, generada por una época de siembra temprana realizada desde mediados a fines de agosto en la región cerealera, b) Condiciones normales: Siembra a fines de setiembre o principios de octubre.

En todos los ensayos se sembraron granos de peso similar a fin de evitar diferencias de crecimiento por tamaño; se ubicaron en macetas de 10 litros con sustrato homogéneo, a 3 cm de profundidad cubiertos por una fina capa de arena. En estas experiencias se utilizaron 8 genotipos de maíz, híbridos comerciales de amplia difusión en la región cerealera argentina, Dekalb 4F-37 (ciclo completo), Dekalb 664 (completo) Cargill M-31 (precoz), Cargill 270 (intermedio), Nidera A950 (largo), Nidera Ax699 (intermedio), Pioneer 3752 (corto) y Morgan M-3 (intermedio a corto). Asimismo, la humedad del suelo se mantuvo en un nivel óptimo mediante riegos periódicos.

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 (BR) cuando las mismas alcanzaron el estado de diferenciación del ápice de crecimiento (estado B-6 de Hanway, 1966; Moncur, 1981). Se calculó la duración de los períodos siembra – nacimiento (S-N) y nacimiento – inicio de la diferenciación (N-ID). Se aplicó la técnica de extracción y lavado de raíces de Ward y colaboradores (1978).

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 (Coelho y Dale, 1980), fijada en 8°C en función de la etapa fenológica ensayada y de las condiciones ambientales (Hesketh y Warrington, 1989; Otegui, 1992). En el cálculo de los GD se han utilizado temperaturas horarias para obtener el valor medio diario, lo que realza el significado biológico del índice al neutralizar anomalías que ocurren cuando la oscilación térmica entre la máxima y mínima diaria se estima.

El diseño estadístico fue en bloques al azar con 4 repeticiones, se analizaron los resultados y se calculó la varianza comparando los valores medios con el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se pone de manifiesto la duración en días y la acumulación térmica, expresada en grados día (GD), desde la emergencia de las plantas hasta el cambio de estado del ápice de crecimiento. Comparando las 2 situaciones de temperatura puede observarse que la duración del estadio considerado estuvo estrechamente asociada con la disponibilidad térmica. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Cirilo (1994), Stamp (1981), Castelberry (1978) y Shaw (1955), donde se evidencia el efecto determinante de la temperatura, especialmente en condiciones controladas y sin limitantes.

El tiempo térmico de la etapa indicada (N-ID), expresado en GD, resultó diferente y estuvo asociado al ciclo de los cultivares. Asimismo, la duración en días de esa etapa también estuvo asociada al ciclo a floración y total de los híbridos, siendo el período más prolongado de 32 días para A-950 y 21 días para el ciclo más corto, M-3.

En el tratamiento con temperatura subóptima la etapa estudiada se prolongó en forma significativa para todos los materiales, resultando similar el ordenamiento de los mismos en ambas situaciones. De esto se desprende que el conocimiento del período N-ID permite caracterizar a los cultivares en relación con la respuesta a la acción de la temperatura del suelo y la duración del ciclo.

El contraste, entre las épocas de siembra homologadas a condiciones térmicas normales y subóptimas se pone de manifiesto una variación importante en el período siembra – nacimiento (Tabla 1). El mayor número en días de la etapa S-N y los subsiguientes estados fenológicos (4 hojas) determinaría situaciones defectivas en relación al porcentaje de emergencia, como consecuencia de adversidades bióticas y/o abióticas asociadas a una mayor permanencia de la semilla en el suelo. La situación descrita se vería agravada además por la mayor presencia de malezas tempranas que compiten con el cultivo.

En las figuras 2 y 3 se evidencia el efecto de la temperatura del suelo y las diferencias genotípicas sobre la producción de biomasa aérea (BA) y biomasa de raíces (BR) para los ocho

cultivares ensayados. Siendo las diferencias significativas de 0,79 – 0,42 en BA y de 0,26 – 0,12 en BR, para la condición de temperatura normal y subóptima, respectivamente. Asimismo se pone de manifiesto el efecto térmico en condiciones normales y subóptimas. En el primer caso se verifica una tasa media de crecimiento de 364,8 mg.día⁻¹, mientras que en el segundo ambiente fue de solo 159,4 mg.día⁻¹. Ello ocurre como consecuencia de que en estos ensayos la condición térmica subóptima (12°C) a la que se expusieron los cultivares se acerca a un umbral mínimo del rango de crecimiento 9 – 40°C indicado por Blacklow (1972), que puede afectar el crecimiento del tallo sin ser defectiva para el crecimiento radical (Neilsen 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).

Durante el período de crecimiento vegetativo la planta de maíz evidencia una firme tendencia a incrementar en forma sincrónica la biomasa aérea y radicular (Russel, 1977). Asimismo, la tasa de crecimiento de las raíces es independiente de la del tallo, representando cada una de ellas una función lineal con relación al tiempo. En este trabajo se encontró que la relación entre la BR/BA puede cambiar como consecuencia de la variación genética puesta de manifiesto a través de los híbridos utilizados, o bien mediante las variaciones de los elementos del clima como la temperatura del suelo (Figura 1). La condición de situación térmica normal (Figura 2) permitió obtener los mayores valores de BA y BR; alcanzando una relación BR/BA de 0,35 (media entre los cultivares ensayados), como consecuencia de un importante crecimiento aéreo.

Bajo condiciones térmicas subóptimas (Figura 3) los valores biológicos de BA y BR disminuyeron, pero no lo hicieron en igual proporción. Por ello la relación BR/BA (0,44; promedio entre los ocho participantes) se modificó a causa de una disminución importante de la BA, siendo solo ligeramente inferior la reducción de la BR. Los materiales Ax-690 y 3752 presentaron el mayor índice BR/BA (0,48 y 0,47; respectivamente), habiéndose modificado su posición relativa respecto a la evidenciada en el tratamiento de temperatura normal.

De lo expuesto se deduce que la adaptación de los híbridos de maíz a bajas temperaturas del suelo – característica de innegable utilidad – podría asociarse a la expresión de la relación BR/BA como finalidad ha ser tenida en cuenta en el mejoramiento genético o en la elección de cultivares para determinadas situaciones agroecológicas.

En el tratamiento de temperaturas subóptimas, se evidenciaron otros cambios fenotípicos tales como incrementos en la pigmentación y morfológicos como disminución de raíces adventicias y secundarias, en coincidencia con lo señalado por Pellerín y Pagés (1994), que se presentan frecuentemente en condiciones de ambientes desfavorables durante el crecimiento inicial (Verheul *et al.*, 1996). Asimismo, en situaciones de baja temperatura, los daños foliares del sistema aéreo (no

determinados), podrían regenerarse con mayor prontitud en aquellos híbridos cuya relación BR/BA resultó más elevada.

CONCLUSIONES

La relación BR/BA, característica diferencial entre los híbridos de maíz, resulta un índice biológico de interés a fin de detectar genotipos que puedan tolerar los riesgos que se generan en la instalación temprana del cultivo.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Hugo Martín Pardi por la colaboración prestada.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE F.H., A.G. CIRILO, S.A. UHART Y M.E. OTEGUI. Ecofisiología del cultivo de maíz. DEKALBPRESS. Editorial La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires. P.292.1996.
- BLACKLOW W..M. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 12:647-650. 1972.
- CASTLEBERRY R.M., J.A. TEERY AND J.F. BURIEL. Vegetative growth responses of maize genotypes to simulated natural chilling events. *Crop Science* 18:633-637. 1978.
- COELHO D.T. AND R.F. DALE. An energy crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. *Agr. Journal* 72:503-511. 1980.
- ENGELS C. AND H. MARSCHNER. 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. 1996.
- GLINSKI J. AND J. LIPIEC. Soil physical conditions and plant roots. CRC Press. Inc., Florida. USA. 1991.
- HANWAY J.J. Growth stages of maize/corn. U.S. Department of Agriculture. Tech. Bulletin 976. Spec. 48, IOWA State University. 1966.
- HESKETH J.D. AND D.K. WARRINGTON. Corn growth response to temperature: rate and duration of leaf emergence. *Agronomy Journal* 81:696-701.1989.
- MONCUR M.W. Floral initiation in field crops. An Atlas of Scanning Electron Micrographs. Printed by CSIRO, Melbourne, Australia. p.135. 1981.
- NEILSEN K.F. Roots and root temperature. In "The plant root and its environments" (Ed. by E.W. Carson) p.293. The Univ. Press of Virginia. 1974.
- NEILSEN N.E. AND BARBER S.A. Differences between genotypes of corn in the kinetics of phosphorus uptake. *Agronomy Journal* 70:129-135. 1978.
- NEILSEN K.F. AND R.K. CUNNINGHAM. The effect of soil temperature and form and level of N on growth and chemical composition of italian ryegrass. *Proc.Soc.Soil Sci.* 41:449-556. 1964.
- OTEGUI M.E., D. PETRUZZI, R.A.RUIZ Y P.A. DODDS. 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. 1992.
- PELLERIN S. AND D L. PAGÉS. Evaluation of parameters describing the root system architecture of field grown maize plants (*Zea mays* L.). *Plant and Soil* v.164, p.155-167. 1994.
- RUSSELL R.S. Plant root systems: Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited. Pp. 218. Berkshire. England. 1977.
- SHAW R.H. Climatic Requirement. Chapter VII in *Corn and Corn Improvement*. Ed. by G. F. Sprague. Ac.Ps.Inc. New York. 1955.
- STAMP P. Shoot development and CO₂ assimilation rates of maize seedlings in relation to genotype and temperature changes. *J.Agron. Crop Science*, 150: 215-222. 1981.
- VERHEUL M.J., C. PICATTO AND P. STAMP. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) seedling under chilling conditions in the field. *European J. of Agronomy*, 5: 31-43. 1996.
- WALKER J.M. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behaviour. *Proc. Soc. Soil Sci. Am.* 33: 729-736. 1969.
- WARD K.J., B.KLEPPER, R.W. RICKMAN AND R.R. ALMARAS. Quantitative estimation of living wheat root lengths in soil cores. *Agronomy Journal* 70:675-677. 1978.

TABLA 1. Fenología de cultivares de maíz en siembras normales y tempranas en La Plata

HIBRIDO	TEMPERATURA NORMAL		TEMPERATURA SUBOPTIMA	
	S – N	N – Dif	S - N	N - Dif
4F-37				
DF	9	27	18	38
Tmp	17.1	18.1	12.4	14.9
GD	81.7	280.1	79.3	260.7
DK664				
DF	8	25	16	37
Tmp	17.1	18.1	12.5	14.9
GD	73.6	252.6	71.8	254.9
M-31				
DF	8	23	16	34
Tmp	17.1	18.1	12.5	14.9
GD	73.6	232.8	71.8	235.7
Ax-699				
DF	8	26	17	36
Tmp	17.2	18.1	12.4	14.9
GD	73.6	262.0	75.2	248.9
A-950				
DF	8	32	17	43
Tmp	17.2	17.9	12.4	14.8
GD	73.6	317.0	75.2	291.6
C-270				
DF	8	24	16	33
Tmp	17.2	18.0	12.5	15.0
GD	73.6	241.0	71.8	230.3
M-3				
DF	7	21	15	31
Tmp	17.0	18.4	12.3	14.6
GD	67.1	219.0	64.5	204.9
3752				
DF	7	22	14	32
Tmp	17.0	18.4	12.2	15.1
GD	67.1	229.0	59.6	227.0

Referencias:

DF: días de fase

Tmp: temperatura media del período

GD: grados día del periodo

S–N: período siembra - nacimiento

N–Dif: período nacimiento - diferenciación

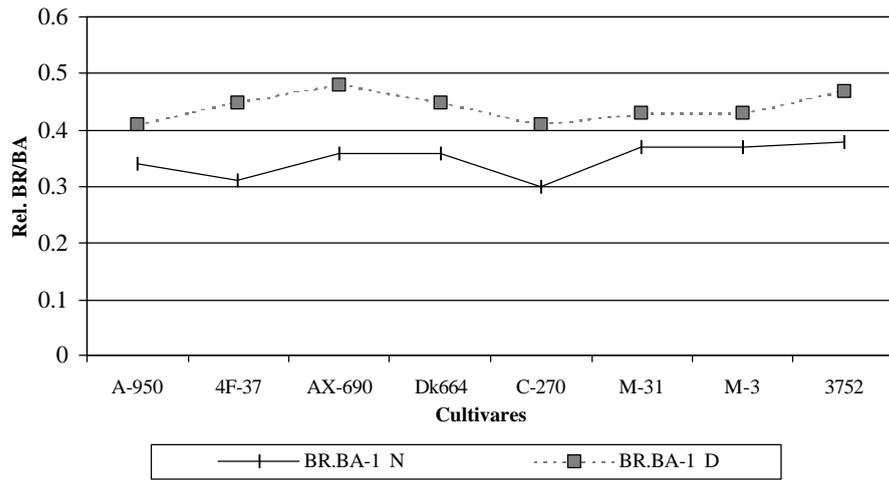


Figura 1. Relación biomasa de raíces sobre biomasa aérea en maíz.

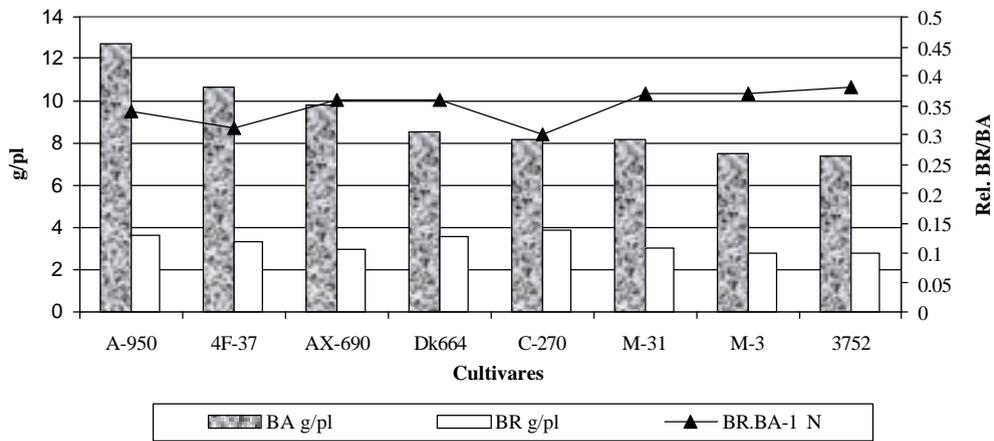


Figura 2. Materia seca de raíces, biomasa aérea y relación BR/BA en una situación térmica normal

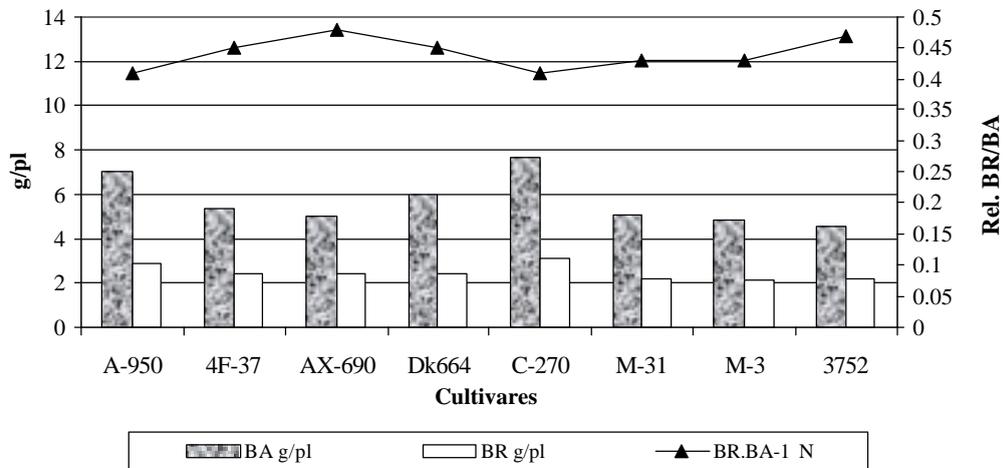


Figura 3. Materia seca de raíces, biomasa aérea y relación BR/BA en una situación térmica subóptima