

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR Y EDÁFICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE MAÍZ SOMETIDAS A EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO

Lenny Meléndez¹, Alba Hernández¹ y Shirley Fernández²

RESUMEN

Los llanos occidentales representan una de las regiones de mayor producción de maíz en Venezuela. Los suelos de esta región presentan en algunas zonas problemas de drenajes que en períodos de lluvias sufren los efectos de deficiencias de aireación, lo que acarrea reducciones en los rendimientos del cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento vegetativo de dos variedades de maíz, Santa Ana y Turén 2000, afectadas por un periodo de inundación en su estado vegetativo. Las plantas fueron colocadas dentro de un cobertizo en potes de 20 litros de capacidad y dispuestas en un arreglo factorial 2 x 2 x 3 (sin y con inundación; dos variedades; sin fertilizar, fertilización foliar, y fertilización al suelo) en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones. La inundación se realizó por seis días una vez emergida la sexta hoja verdadera. Finalizada la inundación, se permitió que el suelo drenara por 48 horas antes de la aplicación de los tratamientos de fertilización. Se realizaron muestreos de plantas antes de la inundación, después de la inundación y 15 días después de la fertilización, para determinar la biomasa seca de los vástagos, área foliar y contenido de clorofila. La inundación no afectó la producción de biomasa seca pero sí disminuyó el área foliar. Después de la fertilización, la biomasa seca fue menor en las plantas inundadas y el área foliar no presentó diferencias, aunque se encontró mayor área foliar en la variedad Santa Ana. El contenido de clorofila disminuyó en las plantas inundadas. Se concluye que la inundación afectó parcialmente el crecimiento vegetativo y la fertilización no logró recuperar a la planta de los efectos adversos del anegamiento.

Palabras clave adicionales: Inundación, *Zea mays*, biomasa seca, área foliar, clorofila

ABSTRACT

Effect of soil and foliar fertilization on vegetative growth in maize plants affected by flooding

The western plains are one of the regions of greater maize production in Venezuela. They presents zones with drainage problems and in rainy periods soil oxygen deficiency occurs which cause maize yield reductions. The objective of this trial was to evaluate the effect of soil and foliar fertilization on the growth of two maize varieties (Santa Ana and Turén 2000) affected by a period of flood during vegetative stage. Crop was grown in a greenhouse in 20-liter pots. A 2 x 2 x 3 factorial set of treatments was arranged with flooding (yes or no), corn varieties (Santa Ana or Turén 2000), and fertilization (no fertilizer, foliar fertilization, or soil fertilization). A split-split-plot design was used with four replications. A six-day flooding was applied when the sixth leaf tip was visible. Finalized the flood, the pots were drained for 48 hours before the application of the fertilization treatments. A group of samplings were performed at different periods: before flooding, after flooding, and 15 days after the fertilization. Dry biomass, leaf area, and chlorophyll were determined. Results proved that dry biomass was not affected by flooding nevertheless the leaf area was reduced. After fertilization, the biomass was smaller in the flooded plants and no differences were found in the leaf area, even though the variety Santa Ana presented greater values. Leaf chlorophyll content decreased in flooded plants. It is concluded that flooding partially affected the plant vegetative growth, but the effect could not be reversed by fertilization.

Additional key words: Flooding, *Zea mays*, biomass, leaf area, chlorophyll

INTRODUCCIÓN

En Venezuela la producción de maíz se concentra en regiones, tales como los llanos

occidentales, los cuales presentan múltiples problemas derivados de la utilización de zonas agro-ecológicas con diferencias marcadas en las características de los suelos. En general, los suelos

Recibido: Diciembre 7, 2005

Aceptado: Agosto 21, 2006

¹ Dpto. de Fitotecnia, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". e-mail: lmelendez@ucla.edu.ve

² Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: sfernandez@ucla.edu.ve

de los llanos occidentales presentan alto contenido de arcilla y arena muy fina lo que induce a la compactación natural de los mismos. Tales particularidades promueven el déficit de oxígeno durante la época de lluvia. Además, la topografía plana del terreno y la baja capacidad de infiltración pueden provocar serios problemas de drenaje interno y externo, lo que induce en algunas etapas del crecimiento del cultivo condiciones de exceso de humedad disminuyendo el crecimiento, desarrollo y el rendimiento de las plantas.

Se han señalado al menos dos estrategias contrastantes para abordar el problema anteriormente planteado. Una es manejar el suelo para reducir los efectos del mal drenaje y dentro de esto se pueden mencionar los bancales para mejorar el drenaje superficial (Marcano y Landínez, 1997) y la otra sería hacer mejoramiento del cultivo para hacerlo más tolerante al anegamiento (Cabrera et al., 1997).

Una solución a corto plazo al problema de inundación es la fertilización nitrogenada luego del periodo de estrés, ya que puede disminuir el efecto negativo de la inundación sobre el rendimiento en maíz (Singh et al., 1985; Sandhu et al., 1986; Lizaso et al., 2001).

Se ha estudiado la importancia de la deficiencia de nitrógeno en el crecimiento de maíz en suelos pobremente drenados, en cuyo caso la adición de nitratos puede incrementar el crecimiento y el rendimiento; sin embargo, el rendimiento es mayor en el maíz sembrado en suelos bien drenados. Esto se explica porque el crecimiento de las plantas en suelos pobremente drenados está influenciado por dos factores: el suministro de oxígeno a la raíz y la concentración de nutrientes en el ambiente de este órgano, siendo independiente uno del otro. El rendimiento podrá incrementar si el suministro de oxígeno a la raíz se incrementa aunque no se aumenten los niveles de nutrientes, y viceversa (Shalhevet y Zwerman, 1962).

La aplicación de fertilizantes nitrogenados, una vez finalizada la inundación, reduce al mínimo la disminución del rendimiento; sin embargo, según Khera y Singh (1975) la respuesta de las plantas es dependiente de la forma de aplicación del fertilizante (edáfico o foliar).

Romheld y El Fouly (2002) mencionan que la

aplicación foliar de nutrimentos es una ventaja cuando hay limitaciones para consumo de nutrientes por las raíces bajo condiciones adversas de agua, temperatura y deficiencia de oxígeno, así mismo, la aplicación de fertilizantes ya sea al suelo o foliarmente, de manera inmediata, permite disminuir los efectos desfavorables lo que favorece la recuperación en los rendimientos de las plantas.

Por tal motivo, en la presente investigación se planteó evaluar el efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a exceso de humedad en el suelo durante el crecimiento vegetativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un cobertizo en el campo experimental de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", en Tarabana municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. Se utilizaron envases plásticos de 20 L de capacidad, los cuales se llenaron con suelo del campo de la Estación Experimental cuyas principales características se presentan en el Cuadro 1. Estas características del suelo permitieron definir la fertilización básica con fosfato de amonio a razón de 4,5 g por envase, y Sulpomag (sulfato doble de potasio y magnesio a razón de 3 g por envase).

Cuadro 1. Principales características del suelo

Características	
pH en agua	7,8
MO (%)	2,9
Fósforo (mg·kg ⁻¹)	2,7
Potasio (mg·kg ⁻¹)	132
Calcio (mg·kg ⁻¹)	>3000*
Magnesio (mg·kg ⁻¹)	125
Clase textural	Franco arenoso

* Presencia de carbonatos

Fuente: Unidad de Investigación de Suelo y Nutrición Mineral de Plantas. Decanato de Agronomía, UCLA

Se utilizaron semillas de maíz de la variedad Santa Ana conocida por su capacidad para tolerar suelos con drenaje deficiente y de la variedad Turén-2000 con alta capacidad productiva en suelos bien drenados, las semillas fueron suministradas por el INIA- Portuguesa. Una vez que las semillas fueron sometidas a un proceso pregerminativo se colocaron cinco plántulas por

pote, para luego dejar tres plantas, las más grandes y de buena apariencia. El riego se realizó manteniendo aproximadamente la humedad del suelo entre el 40 y 80 % de la capacidad de campo, cuando no se requirió de la inundación. Para determinar capacidad de campo se saturó con agua uno de los potes plásticos que contenía el suelo y luego se dejó drenar durante 48 horas, se tomaron los pesos antes de colocar el agua y después del drenaje, y por diferencias de peso se obtuvo el agua que quedó retenida en el suelo.

Se estudió el efecto de la combinación de tres factores: inundación (inundadas y no inundadas), variedad (Santa Ana y Turén-2000) y fertilización (foliar y edáfica, además de un testigo sin fertilizar). El tratamiento de inundación se inició cuando se encontró totalmente emergida la sexta hoja, inundando hasta 5 cm por encima de la superficie del suelo de forma ascendente con la finalidad de evitar la presencia de oxígeno en los poros del suelo, el estrés por inundación se mantuvo durante 6 días. El contenido de oxígeno durante la inundación fue comprobado mediante un medidor de difusión de oxígeno Oakton para verificar estado de hipoxia.

Se aplicó el tratamiento de fertilización 48 horas después de drenar el suelo, el cual consistió en 100 mg·kg⁻¹ de nitrógeno al suelo (10,5 g de Nitrato de calcio) y fertilización foliar con Nitrofoska foliar (10 % N, 4 % P₂O₅, 7 % K₂O, 0,2 % MgO y 0,8 % S); este fertilizante se preparó al 2 % en agua y se asperjaron aproximadamente 10 cm³ a cada planta.

El diseño de experimento fue en parcelas subdivididas con arreglo factorial de 2 x 2 x 3 con cuatro repeticiones. Se realizaron tres muestreos destructivos. El primero antes de inundar, a los 32 días después de la siembra (32 dds); el segundo muestreo 6 días después de la inundación, 38 días después de la siembra (38 dds) y el último muestreo 15 días después de la fertilización, 56 días después de la siembra (56 dds). En cada muestreo se evaluó; biomasa seca, área foliar y contenido de clorofila.

El área foliar se estimó en cada planta muestreada a través del largo y ancho de cada hoja por un factor o Índice de Montgomery (AF = Largo x ancho x 0,75) (Saxena, 1977). La biomasa seca se determinó una vez colocadas las muestras en estufa a 75° C por un lapso de 48 horas. La determinación del índice de clorofila en las hojas

se realizó a través del medidor de clorofila Minolta SPAD 502. Este equipo estima en forma instantánea el contenido relativo de clorofila en la hojas en base a la cantidad de luz transmitida por las hojas en dos longitudes de onda, en las cuales la absorbancia de luz es diferente (Villar y Ortega, 2003). Para cada medición se tomó la hoja recientemente madura de cada tratamiento (Novoa y Villagrán, 2002).

Los datos fueron sometidos a un análisis de la varianza, previa comprobación de los supuestos usando el paquete estadístico SAS, y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de la inundación

Antes de iniciar los tratamientos de inundación (32 dds) las variedades Santa Ana y Turén 2000 no presentaron diferencias respecto a los valores de biomasa seca y área foliar (Cuadro 2). Por el contrario, el índice de clorofila fue mayor en la variedad Turén 2000 que en la Santa Ana, lo cual se atribuyó a diferencias varietales entre ellas (Benacchio, 1983).

Cuadro 2. Biomasa seca, área foliar e índice de clorofila en plantas de maíz antes de la aplicación del tratamiento de inundación

Variedad	Biomasa seca (g·planta ⁻¹)	Área foliar (cm ²)	Clorofila (unidades SPAD)
Santa Ana	18,004 a	1752,3 a	38,25 b
Turén 2000	16,617 a	1718,4 a	41,10 a
C.V. (%)	21,0	3,5	7,8

Los tratamientos con diferentes letras presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (P≤0,05)

Período posterior a la inundación

Luego de 6 días de inundación (a los 38 días después de la siembra) no se detectó efecto de la falta de oxígeno sobre de la biomasa seca del vástago de las plantas (Cuadro 3). Sin embargo, el área foliar y el índice de clorofila sí fueron afectados, encontrándose los mayores valores en las plantas que no sufrieron de inundación (Cuadros 4 y 5). La variedad Turén 2000 mantuvo mayor índice de clorofila que la Santa Ana, pero es notorio que esta última alcanzó mayor área foliar. Es decir, la de menores niveles de clorofila tuvo mayor área foliar. En tales condiciones, es probable que la capacidad de fotosíntesis de ambas variedades se compensara, con similar

productividad por planta, lo cual explicaría la similitud encontrada en los valores de biomasa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Biomasa seca de plantas de maíz afectadas por un período temprano de inundación durante 6 días

Biomasa seca (g.planta ⁻¹)				
Inundación (I)		Variedad (V)		Interacción
No inundadas	Inundadas	Santa Ana	Turén 2000	I x V
50,85 a	39,55 a	37,55 a	52,85 a	ns
C.V. = 14,4 %				

Los tratamientos con diferentes letras presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (P≤0,05)
ns: no significativo

Estos resultados están en contraposición a lo señalado por Lizaso et al. (2001), quienes al evaluar las variedades de maíz Agua Blanca y La Maquina, afectadas por un periodo temprano de inundación, reportaron que la biomasa disminuyó en las plantas por efecto de la inundación. La diferencia con nuestros resultados podrían atribuirse al hecho de que la intensidad del efecto de la inundación es altamente dependiente de las especies, e incluso, de la variedad (Yu et al., 1969).

También Jackson y Drew (1984) y Saab y Sachs (1996) encontraron que plantas de maíz sometidas a periodos de anegamiento disminuyeron algunas variables de crecimiento, entre ellas, su biomasa.

El efecto de la inundación sobre el área foliar de la planta de maíz ha si reportado por otros investigadores (Polanco y Ramírez, 1993; Lizaso y Ritchie, 1997; Lizaso et al., 2001). La disminución del área foliar por efecto de la inundación estuvo asociada básicamente a una disminución en la expansión foliar y no a la caída de hojas.

Cuadro 4. Área foliar de plantas de maíz afectadas por un período temprano de inundación durante 6 días

Área foliar (cm ²)				
Inundación (I)		Variedad (V)		Interacción
No inundadas	Inundadas	Santa Ana	Turén 2000	I x V
2615 a	1656 b	2271,2 a	2000,7 b	ns
C.V. = 2,2 %				

Los tratamientos con diferentes letras presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (P≤0,05)
ns: no significativo

Cuadro 5. Contenido de clorofila de plantas de maíz afectadas por un período temprano de inundación durante 6 días

Clorofila (unidades SPAD)				
Inundación (I)		Variedad (V)		Interacción
No inundadas	Inundadas	Santa Ana	Turén 2000	I x V
35,85 a	29,21 b	30,98 b	34,07 a	ns
C.V. = 9,83 %				

Los tratamientos con diferentes letras presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (P≤0,05)
ns: no significativo

Con relación a la disminución del nivel de clorofila con la inundación, Conceição (2004) encontró que determinado estrés en la planta puede inhibir la síntesis de compuestos precursores de la síntesis de este pigmento. Los resultados de esta investigación sugieren la necesidad de evaluar la expresión génica relacionada con la biosíntesis de clorofila bajo condiciones de déficit de oxígeno, para tratar de detectar de qué manera esta situación de estrés afecta el proceso. Villar y Ortega (2003) también encontraron que en plantas cultivadas bajo condiciones adversas tales como estrés hídrico, salinidad y deficiencia de nutrientes, los niveles de clorofila se vieron afectados.

Período posterior a la fertilización

Luego de 15 días de la fertilización se encontró que ambas variedades disminuyeron la biomasa del vástago cuando fueron sometidas a la inundación (Figura 1). Para esta variable se presentaron diferencias significativas en las interacciones variedad x inundación y variedad x fertilización, pero no para otras interacciones.

La disminución de la biomasa seca de la variedad Santa Ana fue menos intensa ante condiciones de anegamiento en comparación con la variedad Turén 2000 (Figura 1), y dentro de las plantas inundadas la variedad Santa Ana mostró la mayor biomasa, respuesta posiblemente debida a una mayor capacidad de esta variedad para tolerar suelos con drenaje deficiente.

No se pudo detectar efecto de la fertilización en la recuperación de la biomasa de las plantas inundadas lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Meléndez et al. (2001) en una experiencia previa.

Por otro lado, la producción de biomasa de las variedades también varió en función al tratamiento

de fertilización independientemente de la inundación (Figura 2). La variedad Turén 2000 respondió satisfactoriamente a la fertilización foliar en comparación a la variedad Santa Ana, la cual tuvo mejor respuesta a la fertilización edáfica. Esta respuesta puede estar relacionada con la condición genética de cada material y diversos factores ambientales, ya que los requerimientos nutricionales varían entre los distintos genotipos de maíz (Benacchio, 1983).

Con relación al área foliar no se encontró efecto de interacciones por lo que se analizó cada factor por separado (Cuadro 6). La mayor área foliar la presentaron las plantas no inundadas pero no se encontró respuesta de recuperación por efecto de la fertilización. Similar respuesta fue reportada por Meléndez (1998). Por otra parte, se encontraron diferencias entre ambas variedades, siendo mayor el área foliar de la variedad Santa Ana (Cuadro 6), manteniéndose la tendencia obtenida en el muestreo previo.

La producción de clorofila en las plantas de maíz fue afectada por la fertilización, detectándose efecto de interacción de la inundación x fertilización y variedad x fertilización.

Al analizar gráficamente los resultados de estas interacciones se observó que el contenido de clorofila de las variedades respondió favorablemente a la fertilización edáfica, tanto para las plantas inundadas como las no inundadas (Figura 3), siendo mayor el contenido de clorofila en la variedad Santa Ana. En este sentido, Costa et al. (2001) y Novoa y Villagrán (2002) encontraron una correlación positiva entre el contenido de clorofila y los tenores de nitrógeno, respuesta

observada al aplicar nitrógeno edáficamente a las plantas de maíz.

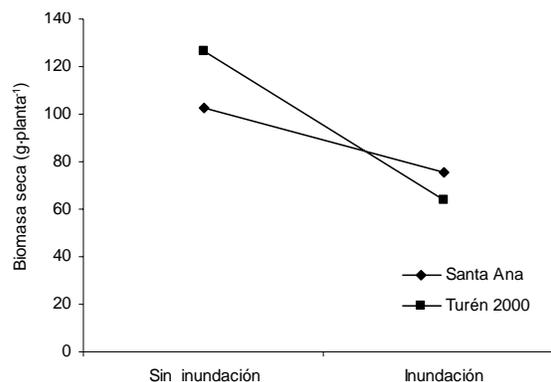


Figura 1. Efecto de la interacción inundación x variedad sobre la biomasa seca de plantas de maíz afectadas por inundación, 15 días después de la fertilización

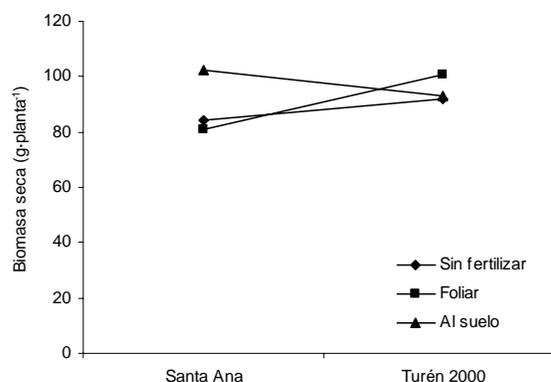


Figura 2. Efecto de la interacción variedad x fertilización sobre la biomasa seca de plantas de maíz afectadas por un período de inundación, 15 días después de la fertilización

Cuadro 6. Área foliar de plantas de maíz afectadas por inundación 15 días después de la fertilización

Inundación (I)		Variedad (V)		Fertilización (F)			Interacción
No Inundado	Inundado	Santa Ana	Turén 2000	Sin fertilizar	Suelo	Foliar	
4178,1 a	2536,8 b	3743,7 a	2971,2 b	3435,8 ns	3182,4 ns	3454 ns	I x V I x F V x F I x V x F
C.V. = 21,42 %							

Los tratamientos con diferentes letras presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)
ns: no significativo

El nivel de clorofila no manifestó respuesta positiva a la fertilización foliar, a diferencia de los resultados de Ling y Silberbush (2002) quienes encontraron que las aplicaciones foliares a plantas de maíz incrementaron los contenidos de clorofila.

Al evaluar la interacción inundación x fertilización (Figura 4) se observó que las plantas fertilizadas edáficamente, independientemente de la condición de inundación, presentaron los niveles más altos de clorofila en comparación a las plantas fertilizadas foliarmente y las no fertilizadas. Sin embargo, los niveles de clorofila de estas plantas descendieron con el tratamiento de inundación, comportamiento contrario al manifestado por las plantas fertilizadas foliarmente y las sin fertilizar, las cuales exhibieron un leve incremento de los niveles de clorofila.

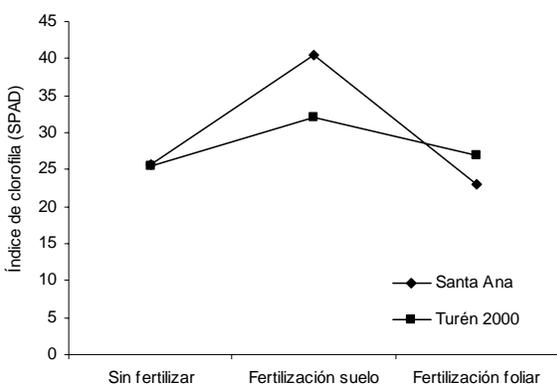


Figura 3. Efecto de la interacción variedad x fertilización sobre el contenido de clorofila de plantas de maíz afectadas por inundación durante el crecimiento vegetativo, 15 días después de la fertilización.

Pang et al. (2004) afirman que las condiciones de estrés por inundación afectaron la fluorescencia de la clorofila en plantas de cebada y mencionan que a través de una fertilización foliar constante este problema puede ser parcialmente solventado.

La fertilización no tuvo un efecto directo sobre la recuperación de las variables evaluadas en las plantas inundadas, pero hubo un comportamiento diferencial entre las formas de aplicación de fertilizante y las variedades, siendo la fertilización edáfica la mejor para el caso de la variedad Santa Ana y para el caso de la variedad Turén 2000 la aplicación foliar. Estas respuestas revisten

importancia ya que podrían tener relación con mecanismos de adaptación a las condiciones de inundación.

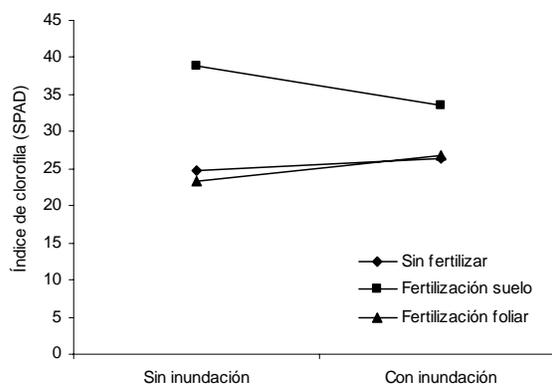


Figura 4. Efecto de la interacción inundación x fertilización sobre el contenido de clorofila de plantas de maíz afectadas por inundación durante el crecimiento vegetativo, 15 días después de la fertilización

CONCLUSIONES

No existieron diferencias entre las variedades Santa Ana y Turén 2000, en cuanto a biomasa seca y área foliar en los primeros estadios de crecimiento de las plantas sin estrés. Sin embargo, el nivel de clorofila fue mayor en la Turén 2000.

La inundación no afectó la biomasa seca en ambas variedades, pero disminuyó el área foliar y el nivel de clorofila, siendo mayor el área foliar de la variedad Santa Ana y el nivel de clorofila mayor en la variedad Turén 2000.

La fertilización posterior a la inundación no logró recuperar los efectos adversos del anegamiento sobre el área foliar y nivel de clorofila.

El contenido de clorofila incrementó con la fertilización edáfica independientemente de la condición de inundación.

LITERATURA CITADA

1. Benacchio, S. 1983. Algunos aspectos agroecológicos importantes en la producción maicera en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA (Serie B) No. 6-02. Maracay. Venezuela. 32 p.

2. Cabrera, S.R., A. Bejarano, V., Segovia, H. Moreno y F. Morillo. 1997. Agua Blanca, variedad de maíz tolerante al déficit de oxígeno en el suelo. *Agronomía Tropical* 47(1): 103-114.
3. Conceição, S. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae* 103(1): 93-99.
4. Costa, C., L. Dwyer, P. Dutilleu, D. Stewart, B. Ma y D. Smith. 2001. Inter-relationships of applied nitrogen, spad, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1173-1194.
5. Jackson, M. y M. Drew. 1984. Effect of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: T.T. Kozlowski (ed.). *Flooding and Plant Growth*. Academic Press. London. pp 47-128.
6. Khera, K y N. Singh. 1975. Fertilizer-aeration interaction in maize (*Zea mays* L.) under temporary flooding. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 23(3): 336-343.
7. Ling, F. y M. Silberbush. 2002. Response of maize to foliar vs. soil application of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers. *Journal of Plant Nutrition* 25(2): 2333-2342.
8. Lizaso, J. y J. Ritchie. 1997. Maize shoot and root response to root zone saturation during vegetative growth. *Agronomy Journal* 89: 125-134.
9. Lizaso, J., L. Meléndez y R. Ramírez. 2001. Early flooding of two cultivars of tropical maize. I. Shoot and root growth. *Journal of Plant Nutrition* 24(7): 979-995.
10. Marcano, F. y N. Landinez. 1997. Labranzas y sistemas de siembra para la producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un Aquic ustropepts del estado Yaracuy. *Bioagro* 9(3): 86-94.
11. Meléndez, L. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento del maíz afectado por anegamiento. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 79 p.
12. Meléndez, L., J. Lizaso y R. Ramírez. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro* 13(3): 111-116.
13. Novoa, R. y N. Villagrán. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica* 62 (1): 166-171.
14. Pang, J., M. Zhou, N.J. Mendham y S.N. Shabala. 2004. Growth and physiological responses of six barley genotypes to waterlogging and subsequent recovery. *Aust. J. Agric. Res.* 55: 895-906.
15. Polanco, L. y R. Ramírez. 1993. Análisis de crecimiento de dos variedades de maíz bajo influencia de déficit de oxígeno en el suelo. *Agronomía Tropical* 43(5-6): 253-266.
16. Romheld, V. y M.M. El-Fouly. 2002. Foliar Nutrient Application: Challenge and Limits in Crop Production. Universitat Hohenheim. Germany.
17. Saab, I.N. y M. Sachs. 1996. A flooding induced xyloglucan endo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma. *Plant Physiol.* 112: 385-391.
18. Sandhu, B., Singh Balwinderjit., Singh Baldev y K. Khera. 1986. Maize response to intermittent submergence, straw mulching and supplemental N-fertilization in subtropical region. *Plant and Soil* 96: 45-56.
19. Saxena, M. 1977. A note on area estimation of intact leaf of corn. *Agronomy Journal* 69(3): 461-464.
20. Shalhevet, J. y P. J. Zwerman. 1962. Nitrogen response of corn under variable conditions of drainage. A lysimeter study. *Soil Sci* 93: 172- 182.
21. Singh, M., A.C. Vig y R. Singh. 1985.

- Nitrogen response of maize under temporary flooding. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 6(2): 111-120.
22. Villar, D. y R. Ortega. 2003. Medidor de clorofila. Bases Teóricas y su aplicación para
23. la fertilización nitrogenada en cultivos. *Revista Agronomía y Forestal UC* 18(5): 4-8.
24. Yu, P., L. Stolzy y J. Letey. 1969. Survival of plant under prolonged flooded conditions. *Agronomy Journal*. 61: 844-847.