

EFFECTOS DEL DESECAMIENTO DEL SUELO SOBRE EL METABOLISMO
DE NITROGENO EN TRES CULTIVARES DE MAIZ (*Zea mays* L.)¹ *

ROBERTO PEREYRA ROSSIELLO**
MANLIO SILVESTRE FERNANDES**
NELSON MAZUR**

Abstract

*The effects of water stress on the nitrogen metabolism of three corn (*Zea mays* L.) cultivars (Piranão, Centralmex, IPEACS III) were studied.*

Measurements were made of the Relative Water Content (R. W. C.); nitrate-reductase activity (NRA) as well as accumulation of amino-N, ammonia-N, free proline and protein-N in the plant tissues.

Cultivar Piranão kept a higher RWC and NRA through the desiccation period, and accumulated the lowest levels of ammonia-N and amino-N in its foliar tissues.

The performance of cultivar Centralmex was poor but cultivar IPEACS III was the most severely affected by the imposed water stress regime in terms of the metabolic parameters studied.

All three cultivars exponentially accumulated proline with the length of the stress period. It is suggested that further studies should be done on proteolytic activities and de novo synthesis of proline for a better understanding of the effects of metabolites accumulation on water stress resistance in corn plants.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es particularmente sensible a la deficiencia hídrica en la fase de floración (18). Durante la fase vegetativa, los daños son menos señalados. Sin embargo, una sequía moderada en esta fase puede determinar pérdidas en el rendimiento final del orden de 25 por ciento (5).

En condiciones de deficiencia hídrica del suelo, las plantas sufren un conjunto de alteraciones metabólicas, verificándose, globalmente, una inhibición de los procesos anabólicos y un aumento de los procesos catabólicos, con la consiguiente reducción en la disponibilidad energética para otras funciones fisiológicas. La reducción foliar de nitratos, vía Nitrato-reductasa (NR) cae drásticamente (14). Esta disminución de actividad es atribuida a los efectos combinados de una reducción en la absorción de N-nítrico, que es un proceso dependiente de energía metabólica (17), y a un efecto directo de la desecación foliar sobre la síntesis proteica, la cual es inhibida en estas condiciones (8).

A niveles más severos de desecación foliar, la actividad de enzimas proteolíticas también puede contribuir para reducir los tenores de proteína foliar (15). En consecuencia, se verifica una acumula-

¹ Presentado en el XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo Manaus, julio de 1979.

* Recibido para publicación el 3 de diciembre de 1980

** Profesor Asistente, Profesor Adjunto y Profesor Auxiliar de Ensino, respectivamente, del Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Antiga Estr. Rio-São Paulo, km 47 - 23460 - Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

ción de aminoácidos y amidas en los tejidos (15). Un compuesto cuyo tenor aumenta significativamente en estas condiciones es prolina (19, 7, 9, 12). Se ha dedicado una atención considerable a la acumulación de prolina, en vista de que algunos resultados muestran una correlación positiva entre tolerancia o resistencia a la sequía y el nivel de acumulación de este aminoácido (19). Otros autores han presentado evidencias de que la acumulación de prolina puede ser un indicio de susceptibilidad antes que de resistencia a los efectos de la sequía (7); de tal forma que la significación metabólica de este proceso está abierta a diversos tipos de interpretaciones (7).

Varias de las respuestas arriba mencionadas han sido observadas en el maíz, pero, en la mayoría de las veces, fueron agregados, en medios de cultivo artificiales, diferentes solutos para rebajar el nivel del potencial hídrico de la solución a valores prefijados. Esta metodología ofrece la ventaja de un mayor control sobre el grado de la deficiencia hídrica impuesta, pero la cuestión subyacente es saber si las respuestas observadas en esas condiciones pueden ser consideradas como similares a las verificadas por efectos de variaciones hídricas en el propio suelo.

En este trabajo se examinan las alteraciones del metabolismo del nitrógeno en tres cultivares de maíz, en respuesta a un ciclo de desecamiento progresivo del suelo bajo condiciones de demanda evapotranspirativa variable.

Material y métodos

El experimento fue realizado en un invernadero, entre los meses de setiembre y octubre de 1977. Se usó el horizonte superficial (0-15 cm) de un suelo Podzólico rojo amarillo (Typical Hapludult) (16). Después de secado al aire, el suelo fue pasado por un tamiz de 2 mm y sometido a análisis, revelando un contenido de Al de 0.6 mEq/100 cm³ y un pH de 4.5. Después de ser corregido el pH (0.645 g de CaO/kg suelo), el suelo presentó las siguientes características químicas: C = 1.3% ; P = 1 ppm; K = 68 ppm; Ca + Mg = 4.3 mEq/100 cm³; Al = 0.1 mEq/100 cm³; N-NH₄⁺ = 9.3 ppm; N-NO₃⁻ = 7.1 ppm; pH = 5.9.

Se utilizaron volúmenes de 2 000 cm³ de suelo que previamente fueron acondicionados en macetas, a una densidad media de 1.15 g/cm³. Previamente a la siembra, los vasos fueron irrigados hasta un nivel de humedad correspondiente a una succión métrica de 0.33 atmósferas. La curva de retención de humedad del suelo utilizado fue de antemano deter-

minada por el método de Jaccoud y Castro (10). Junto con el agua de irrigación, cada vaso recibió una fertilización de 80 ppm de N, en la forma de NaNO₃; 60 ppm de K y 50 ppm de P, ambos en la forma de KH₂PO₄, y 1 ml de una solución de micronutrientes preparada según Fernandes (6).

Se usaron tres cultivares de maíz: Piranão, Central-mex e IPEACS III. En cada maceta se sembraron 4 semillas. Cinco días después de la emergencia de las plántulas, fue hecho un raleo, dejando dos plantas por maceta. Las macetas fueron pesadas diariamente y se adicionó agua suficiente para restituir el contenido de humedad a un nivel equivalente a una succión de 0.33 atmósferas. La fase experimental fue iniciada 25 días después de la emergencia de las plantas (estado de 6-8 hojas). A partir de ese día, las plantas fueron sometidas a 0, 1, 2, 3 y 4 días de deficiencia hídrica, por supresión del riego diario. Todos los tratamientos fueron repetidos 3 veces y dispuestos totalmente al azar.

La segunda hoja a partir del ápice fue usada para la determinación del contenido hídrico relativo (C. H. R.), según el método de Barrs y Weatherley (2), y preparación de los extractos foliares. Para la determinación del C. H. R., fueron tomados, de cada hoja, 10 discos foliares, de 7.0 mm de diámetro. Todos los discos fueron tomados de una misma mitad de la lámina foliar. En la mitad opuesta, en una de las plantas, fue retirado 1.0 gramo de tejido para la preparación del extracto foliar, según las técnicas descritas por Fernandes (6). Aproximadamente 200 mg de material de la misma hoja fueron usados para la determinación de la actividad de la nitrato-reductasa (ANR), según el método de Jaworski (11), ligeramente modificado por aumento de 2 por ciento de la concentración de n-propanol en el medio de incubación. Los resultados fueron expresados como μ moles de NO₂⁻/g de peso fresco, por hora.

El residuo obtenido después de la extracción fue secado en estufa de circulación de aire, a 60°C por 48 horas. En el residuo seco, el N fue determinado por microKjeldhal y denominado N-proteico (6). En el extracto alcohólico (Etanol 80 por ciento), fueron hechas las siguientes determinaciones:

Amino-N libre, según el método de Yem y Cocking (20).

N-amoniacoal (N-NH₄⁺) y N-nítrico (N-NO₃⁻), por el método de destilación descrito por Bremner y Keeney (4).

Prolina libre, por el método de Bates *et al.* (3).

Todas las determinaciones analíticas fueron hechas en duplicado. La relación peso seco/peso fresco de la lámina foliar fue calculada a partir de los discos usados para la determinación del C. H. R. Esta relación sirvió para expresar todas las determinaciones con base en peso seco. El N-amino libre, el N-NH₄⁺, el N-NO₃⁻ y la prolina libre fueron expresados como $\mu\text{moles/g}$ de peso seco y el N-proteico como porcentaje de peso seco.

Durante todo el período de crecimiento de las plantas se midió la radiación, la humedad relativa y la temperatura del aire. La radiación media diaria fue calculada a través de cinco lecturas (9:00; 11:00; 14:00; 16:00 y 17:00 horas) hechas con un radiómetro Li-Cor, modelo Li-185. El valor obtenido en cada hora de lectura representó la media de 12 registros, tomados al azar al nivel del ápice de las plantas. Los valores son dados en $\text{cal cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$. Además, se tomaron registros diarios de humedad relativa y temperatura del aire con un termohigrógrafo.

Resultados y discusión

Las condiciones ambientales dominantes en la estufa, durante el período de crecimiento y experimental son presentadas en el Cuadro 1. Durante los días 1 y 2, las condiciones de demanda evapotranspirativa fueron particularmente intensas, como queda indicado por los valores de radiación y temperatura media. Esto fue acompañado por una reducción de humedad relativa y un consiguiente aumento en el déficit medio de saturación. Durante los días 3 y 4 los valores de radiación y temperatura cayeron a valores próximos a los de la media para el período

de crecimiento anterior a la suspensión de la irrigación (Cuadro 1). Un análisis de la distribución horaria de la radiación incidente para todo el período, indicó un máximo a las 12:40 horas, de $0.55 \text{ cal cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

Es de destacar que una cobertura blanca sobre el invernadero interceptó entre 40-50 por ciento de la radiación incidente en el interior.

Esta condición del medio ambiente determinó una reducción del C. H. R. de las plantas normalmente irrigadas (Cuadro 2). Dentro de este grupo, se verificó un efecto del aumento de la demanda evapotranspirativa, especialmente en el día 2, cuando los cultivares Piranão e IPEACS III mostraron reducciones significativas en la hidratación foliar. Dentro del grupo no irrigado, los tres cultivares mostraron un comportamiento diferencial. El cultivar Piranão mostró, en el final del período, un C. H. R. aproximadamente 10 por ciento superior a IPEACS III y 6 por ciento a Centralmex. IPEACS III mostró los menores niveles de hidratación foliar, siendo extremadamente afectado en los primeros dos días de supresión de la irrigación diaria. Centralmex mostró valores intermedios entre los otros dos cultivares. Este comportamiento indica una capacidad diferencial de las variedades de maíz para soportar los efectos del desecamiento progresivo del suelo.

La actividad de la nitrato-reductasa (ANR) durante el período experimental se presenta en la Figura 1. El nivel de actividad varió significativamente dentro del grupo que sirvió de control, con una disminución pronunciada durante el primer día. Este comportamiento refleja una sensibilidad bastante acentuada

Cuadro 1. Variación de las condiciones ambientales durante el período de crecimiento y experimental.

Parámetro ambiental	Período experimental (días)					Media para el período de crecimiento (24 días)
	0	1	2	3	4	
Radiación media ($\text{cal cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)	139.2	229.0	380.90	191.4	155.8	172.3
Temperatura media diurna ($^{\circ}\text{C}$)	26.1	29.6	31.3	28.8	27.5	27.4
Humedad relativa del aire (%)	77.4	67.3	64.7	75.9	78.1	72.7
Déficit medio de saturación (mm/hg)	5.7	10.2	12.1	7.2	5.9	7.5

Cuadro 2. Variación del C. H. R. de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sometidos a cuatro días de desecamiento del suelo o bajo irrigación continua.

Cultivar	C. H. R. (%)									
	Irigados (días)					No irrigados (días)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Centralmex	97.1	94.0	95.4	98.1	98.5	97.1	92.6	84.5	79.9	75.2
IPEACS III	98.0	92.1	91.3	99.3	97.3	98.0	89.0	78.7	74.1	71.7
Pirañõ	98.6	96.8	93.8	98.4	98.9	98.6	92.8	88.0	83.4	82.1

D.M.S. (5%) para día entre cultivar = 3.1
para cultivar entre días = 2.6

de la ANR al nivel de hidratación foliar. Tal sensibilidad también fue observada por Morilla *et al* (14). La disminución de la presión evapotranspirativa durante la tarde del segundo día y la mañana del tercero, determinó una recuperación en C. H. R. para los tres cultivares (Cuadros 1 y 2). En estas condiciones, Centralmex mostró una rápida recuperación de la ANR, no sucediendo lo mismo con los otros cultivares (Figura 1). Dentro del grupo no irrigado, la tendencia, como era de esperarse, fue de una reducción en ANR la cual, no obstante, afectó diferencialmente los tres cultivares. La ANR en IPEACSS III cayó bruscamente en el día 2, siendo menos acentuado su descenso posteriormente (Figura 1). Centralmex y Pirañõ mostraron, hasta el día 2, niveles semejantes de ANR, independientemente de la variación del C. H. R. entre estos cultivares (Cuadro 2 y Figura 1). Solamente después del tercer día, la ANR en Pirañõ fue significativamente superior a la de los otros cultivares. Al final del periodo, se observó una reducción de 62 por ciento en la ANR de Pirañõ, con relación a los controles normalmente irrigados. Centralmex tuvo una reducción de la ANR de 90 por ciento e IPEACS III de 80 por ciento.

Los tres cultivares respondieron a la deficiencia hídrica con un aumento significativo en el tenor de N-nitrato, pero el padrón de acumulación entre cultivares se expresó diferencialmente (Cuadro 3). IPEACS III aumentó su nivel de N-nitrato después de un día de supresión de la irrigación y mantuvo este nivel con ligeras fluctuaciones hasta el final del periodo experimental. Desde que, entre los días uno y cuatro este cultivar sufrió una disminución en C. H. R. del orden de 17 por ciento (Cuadro 2), la acumulación de nitrato se mostró, en este cultivar, como un parámetro relativamente insensible al aumento de la deficiencia hídrica foliar. En Centralmex el contenido de N-nitrato aumentó después de un día de supresión de la irrigación y mantuvo este nivel hasta el día tres para, finalmente, aumentar en

forma significativa en el final del periodo. Pirañõ presentó una tendencia menos estable, con un aumento significativo en los días uno y dos y una disminución en el día tres, para finalmente aumentar en el día cuatro (Cuadro 3). Una tendencia definida de aumento en el contenido de N-nitrato fue encontrada en experimentos anteriores (13). Estos aumentos pueden ser esperados si la actividad de la enzima responsable de la reducción (NR) es disminuida drásticamente, como en el caso presente (Figura 1). Con el desarrollo de la deficiencia hídrica la disponibilidad energética para absorción, transporte y acumulación de N-nitrato en los sitios de reducción también debe haber sido reducida. Las acumulaciones de N-nitrato observadas podrían reflejar, entonces, disponibilidades energéticas diferenciales entre los cultivares, o al-

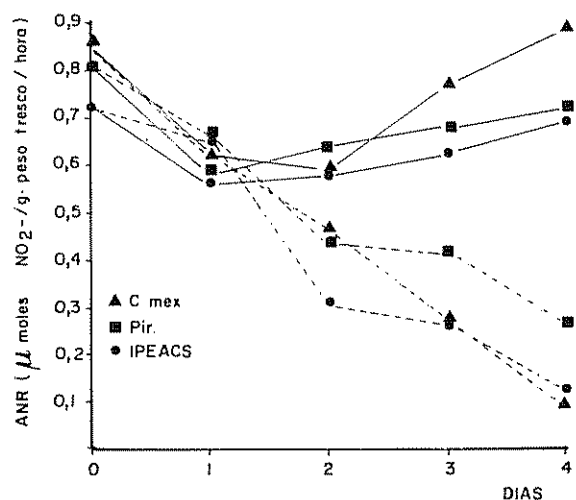


Fig. 1. Variación de la actividad de Nitrato-reductasa en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en función de los días de desecamiento del suelo. Línea entera: irrigados. Línea punteada: no irrigados. D.M.S. (5%): día entre cultivares = 0.09 cultivar entre días = 0.10

Cuadro 3. Variación de los contenidos de N-nítrico, N-amoniaco y N-amino libre en función del desecamiento del suelo en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.).

Cultivar	Supresión de la irrigación (días)				
	0	1	2	3	4
N-NO ₃ ⁻ (μmoles/g peso seco)					
Centralmex	20.31	36.49	34.54	35.99	41.17
Piranão	23.13	28.08	41.53	35.48	45.46
IPEACS III	21.79	31.87	32.34	28.86	31.37
D.M.S. (5%) día entre cultivares = 7.60					
cultivar entre días = 4.02					
N-NH ₄ ⁺ (μmoles/g peso seco)					
Centralmex	27.32	29.08	37.15	64.08	87.82
Piranão	25.95	29.59	30.07	44.12	68.32
IPEACS III	27.70	34.42	37.76	62.87	96.81
D.M.S. (5%) día entre cultivares = 14.56					
cultivar entre días = 7.29					
N-amino libre (μmoles/g peso seco)					
Centralmex	57.77	87.58	144.38	218.83	342.35
Piranão	58.34	89.39	87.85	170.45	247.55
IPEACS III	70.21	103.12	152.12	242.61	304.49
D.M.S. (5%) día entre cultivares = 19.60					
cultivar entre días = 13.07					

1 Solamente son presentadas las medias de los tratamientos no irrigados.

ternativamente efectos de concentración por reducción de peso seco. Los niveles de acumulación de N-nítrico en las plantas sometidas a deficiencia hídrica fueron, al final del período, superiores a los controles irrigados, del orden de 58 por ciento para Centralmex, 25 por ciento para IPEACS III y 84 por ciento para Piranão. Las reducciones de materia seca total en las macetas no irrigadas, al final del período fueron del orden de 24 por ciento para Centralmex, 19 por ciento para Piranão y 32 por ciento para IPEACS III (en comparación con sus controles diarios). Estos resultados sugieren que en el caso de Piranão y probablemente Centralmex, el proceso de absorción y transporte de nitrato (la fuente de N usada en este experimento) fue menos afectado que su reducción foliar. Una translocación de sustancias energéticas hacia la raíz podría, parcialmente,

explicar estos resultados (Rossiello, Fernandes y Flores, en preparación).

La variación en el contenido de N-amoniaco en los tres cultivares, se presenta en el Cuadro 3. Centralmex e IPEACS III exhiben un aumento en el contenido de N-amoniaco después del día dos y Piranão después del día tres. Al final del período (día cuatro), Centralmex e IPEACS III mostraron, respectivamente, 28.5 por ciento y 41.4 por ciento más N-amoniaco que Piranão. Se podría esperar que una reducción en ANR (Figura 1) resultase también en una reducción del contenido de N-amoniaco. Sin embargo, si la deficiencia hídrica inhibe la biosíntesis de proteínas (8), o aumenta la actividad proteolítica (15), esto podría conducir a una acumulación de N-amoniaco.

Los resultados obtenidos en este experimento muestran un efecto definido del desecamiento progresivo sobre los contenidos de N-proteico foliar en los tres cultivares (Figura 2). Dentro del grupo de mace-tas para control, hubo una disminución significativa en Centralmex IPEACS III en el día dos, con una tendencia de recuperación hacia el final del periodo. Piranão, aunque con un nivel inferior al del inicio del periodo (día cero), mantuvo este nivel relativamente constante. Estas fluctuaciones en el contenido de N-proteico dentro del grupo control confundieron las diferencias diarias con respecto al grupo no irrigado. No obstante, al final del período el contenido de N-proteico en Piranão fue reducido en 25 por ciento con respecto a su control diario, Centralmex en 48 por ciento IPEACS III en 57 por ciento.

La acumulación de N-amino libre mostró diferencias significativas dentro de cultivares después de un día de la supresión de la irrigación y entre cultivares, después de dos días (Cuadro 3). Centralmex mostró el mayor nivel de acumulación al final del periodo, Piranão el menor e IPEACS un nivel intermedio. La acumulación de amino-N libre fue un indicador sensible de deficiencia hídrica en los tres cultivares, si se consideran los C. H. R. observados en las plantas sometidas a desecamiento del suelo (Cuadro 2). Centralmex acumuló N-amino más rápidamente que los otros dos cultivares. Así, con una reducción aproximada del 12 por ciento en C. H. R. en el día 2 (Cuadro 2), el nivel de N-amino en este cultivar no difirió del observado en IPEACS III en el mismo día (Cuadro 3), cuando este último cultivar ya había experimentado una reducción del 20 por ciento en C. H. R. (Cuadro 2).

El contenido de prolina libre aumentó grandemente en los tres cultivares (Cuadro 4). En la Figura 3 están indicadas las tendencias de variación de proli-

na en función de los C. H. R. observados en los tres cultivares. El patrón de acumulación fue similar, notándose, sin embargo, diferencias en lo relativo a los contenidos acumulados (Cuadro 4) y al ritmo de acumulación en función de la deshidratación progresiva de la hoja (Figura 3). Se verifica una clara tendencia exponencial en las curvas de cada cultivar. Es evidente, en la Figura 3, la existencia de un nivel basal de C. H. R. para la acumulación de prolina, y esto confirma observaciones anteriores con otras especies (7, 12, 9). Para Centralmex y Piranão, el nivel necesario para el comienzo de la acumulación de prolina se sitúa en la faja de 85-90 por ciento de C. H. R. (Figura 3). IPEACS III parece comenzar su acumulación después de Centralmex (en términos de C. H. R. decreciente), dado que no fueron observadas

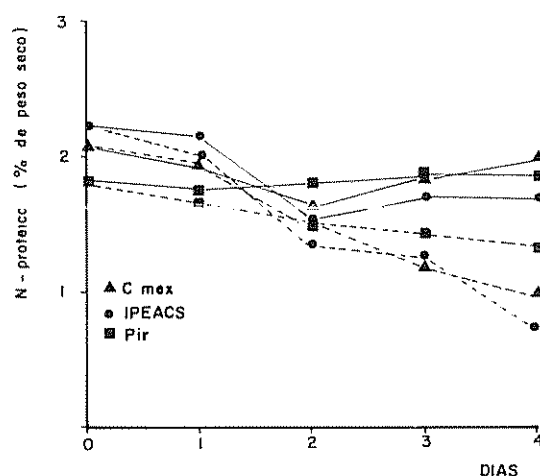


Fig. 2. Variación del contenido de N-proteico en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en función de los días de desecamiento del suelo. Línea entera: irrigados. Línea punteada: no irrigados.
D.M.S. (5%): día entre cultivares = 0.10
cultivar entre días = 0.06

Cuadro 4. Variación del contenido de prolina libre en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en función de los días de desecamiento del suelo.

Cultivar	Periodo de no irrigación (días)				
	0	1	2	3	4
	Prolina (μ moles/g peso seco)				
Centralmex	1.97	1.83	5.83	18.05	30.31
Piranão	1.56	2.66	3.99	24.26	48.40
IPEACS III	2.38	2.01	6.52	24.95	45.62

D.M.S. (5%) para día entre cultivares = 4.70
para cultivar entre día = 2.69

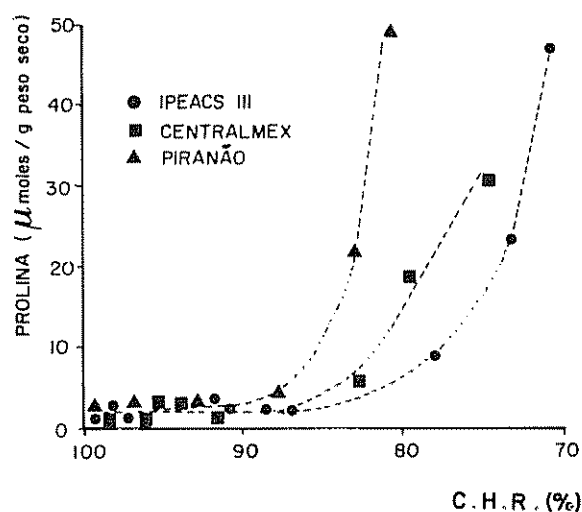


Fig. 3. Variación del contenido de prolina libre en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en función del contenido hídrico relativo (C.H.R.).

diferencias en los contenidos de prolina entre los cultivares en el día dos (Cuadro 4), cuando el C. H. R. de IPEACS III fue de 78.7 por ciento significativamente menor que el de los otros dos cultivares (Cuadro 2).

Estos resultados son un tanto complejos para la interpretación del significado de prolina como metabolito acumulable, respecto a resultados previamente comunicados, que relacionan resistencia a la sequía y contenido de prolina (19). El cultivar Piranão, que mantuvo un C. H. R. superior a los otros cultivares durante todo el período de desecamiento del suelo (Cuadro 2), puede ser considerado, por esta razón, más resistente a la sequía. Sin embargo, se puede observar que, independientemente de diferencias sensibles en C. H. R. (Cuadro 2), el nivel absoluto de acumulación de prolina no difirió entre Piranão e IPEACS III (Cuadro 4). Las diferencias entre esos cultivares surgen al comparar el nivel de C. H. R. en el cual el proceso de acumulación se torna evidente (Figura 3). Los aumentos en el tenor de prolina libre, en hojas sometidas a deficiencia hídrica, deberían ser examinados bajo un doble aspecto: a) tasa de biosíntesis *de novo* de prolina; b) tasa de incremento de prolina derivada de actividad proteolítica. La evidencia disponible indica que los niveles de acumulación de prolina están por encima de los aumentos esperados debidos a proteólisis (15). Un mismo nivel de acumulación de prolina, puede, sin embargo, reflejar una contribución diferencial de la proteólisis y de la síntesis *de novo* de prolina, para cada cultivar, tornando difícil la interpretación de asociaciones directas entre el nivel de acumulación y resistencia a la sequía. En el presente caso, el cul-

tivar Piranão mantuvo un contenido más elevado de N-proteico (Figura 2). Como consecuencia, presentó un menor nivel de acumulación de amino-N y de N-amoniaco, en comparación con los otros cultivares (Cuadro 3). Este bajo porcentaje de reducción en N-proteico podría estar ligado a una menor inhibición de biosíntesis proteica o a una menor actividad proteolítica bajo condiciones de tensión (stress) hídrica. Probablemente, una menor inhibición de biosíntesis proteica sea la causa del mantenimiento de la pequeña pero significativa ANR en este cultivar al final del período experimental (Figura 1). Es probable también, tomando en consideración que en zona de C. H. R. donde se verifica una acumulación significativa de prolina en este cultivar (Figura 3), una fracción importante del conjunto acumulado se haya originado efectivamente a partir de síntesis *de novo*. En ese caso, entonces, el nivel y ritmo de acumulación de prolina podrían ser tomados como indicadores de resistencia a la sequía, presumiblemente actuando como un agente osmótico. Ha sido postulado, para la prolina, un rol fisiológico como soluto osmorregulatorio, pero no existen evidencias concluyentes en plantas superiores (7, 9). En el otro extremo, IPEACS III, el cultivar que se mostró más afectado durante el ciclo de desecamiento del suelo (Cuadro 2), exhibió una caída drástica en el contenido de N-proteico (Figura 2). Es probable que en este caso, un aumento de la actividad proteolítica determinase un contenido elevado de N-amoniaco y amino-N libre en este cultivar (Cuadro 3). En cebada, Arad y Richmond (1) encontraron una correlación lineal directa entre el déficit de saturación de agua y el nivel de actividad de ribonucleasas y proteasas. Esto abre la posibilidad de que en IPEACS III, que comenzó a acumular prolina a un nivel de C. H. R. más bajo (Figura 3), una parte importante del contenido acumulado se origine a partir de la hidrólisis de prolina ligada a la proteína. Si tal fuese el caso, el proceso de acumulación funcionaría primariamente en IPEACS III como un indicador de su susceptibilidad a la sequía.

Conclusiones

Los resultados de este experimento permitieron distinguir diferencias de época e intensidad de las respuestas metabólicas al desecamiento del suelo, en los tres cultivares de maíz.

El tenor de amino-N libre y la actividad de la nitrato-reductasa resultaron los indicadores de mayor sensibilidad a la tensión (stress) hídrica.

Los tres cultivares estudiados acumularon prolina, pero el inicio de este proceso (acumulación de proli-

na) parece variar en función de los C. H. R. exhibidos por los cultivares durante el transcurso del período de desecamiento del suelo.

Otros parámetros, como el contenido de N-nítrico y de N-amoniaco, también se afectan por el desecamiento del suelo. Entre tanto, nuestros resultados sugieren que para un uso eficiente de estos parámetros en el estudio de la resistencia a la sequía, es necesario completar esta información. En particular, el estudio de la actividad de proteasas y su contribución en los contenidos totales de amino-N y prolina acumulados, y del significado de esta acumulación de N-soluble en términos de osmorregulación celular, parecen puntos de mucha importancia en estudios futuros. Es probable que, sin esos estudios previos, las pruebas rápidas, basadas en determinaciones de los contenidos totales de metabolitos acumulados, no sean de gran utilidad en la caracterización de la resistencia a la sequía de los tres cultivares de maíz.

Literatura citada

1. ARAD, S. y RICHMOND, A. E. Leaf cell water and enzyme activity. *Plant Physiology*, 57: 656-658. 1976.
2. BARRS, H. D. y WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, 15:413-428. 1962.
3. BATES, L. S.; WALDREN, R. P. y TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39:205-207. 1973.
4. BREMNER, J. M. y KEENEY, D. R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytical Chemistry Acta*, 32:485-495. 1965.
5. DENMEAD, O. T. y SHAW, R. H. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal*, 52:272-274. 1960.
6. FERNANDES, M. S. Effects of light and temperature on the nitrogen metabolism of tropical rice. Ph.D. Thesis. Michigan State University. 1974.
7. HANSON, A. D.; NELSEN, C. A. Y EVERSON, E. H. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Science*, 17:722-726. 1977.
8. HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. *Annual Review. Plant Physiology*, 24:519-570. 1973.
9. HUANG, A. H. C. y CAVALIERI, A. J. Proline oxidase and water stress-induced proline accumulation in spinach leaves. *Plant Physiology*, 63:531-535. 1979.
10. JACCOUD, A. y CASTRO, A. F. de. Curvas de caracterização de umidade de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Itaguaí. *Pesquisas Agropecuarias Brasileiras*, 11:1-9. 1976.
11. JAWORSKI, E. G. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. *Biochemical. Biophysical. Res. Comm.*, 43:1274-1279. 1971.
12. MADRUGA, L. A. N. y RENA, A. B. Variações na concentração de prolina livre em folhas intactas de cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a desidratação. *Ceres*, 24:226-236. 1977.
13. MATTAS, R. E. y PAULI, A. W. Trends in nitrate reduction and nitrogen fractions in young corn (*Zea mays* L.) plants during heat and moisture stress. *Crop Science*, 5:181-184. 1965.
14. MORILLA, C.; BOYER, J. S. y HAGEMAN, R. H. Nitrate reductase activity and polyribosomal content of corn (*Zea mays* L.) having low leaf water potentials. *Plant Physiology*, 51:817-824. 1973.
15. NAYLOR, A. W. Water deficits and nitrogen metabolism. In: Kozłowski, T. T., ed. *Water deficits and plant growth*, vol. III. New York and London. Academic Press. 1972. pp. 241-254.
16. RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F. de y CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. *Pesquisas Agropecuárias Brasileiras*, 8:1-27. 1973.
17. RAO, P. K. y RAINS, W. D. Nitrate absorption by barley. I. Kinetics and energetics. *Plant Physiology*, 57:55-58. 1976.

-
18. ROBINS, J. S. y DOMINGO, C. E. Some effects of severe soil moisture deficits at specific stages in corn. *Agronomy Journal* 45:612-621. 1953.
19. SINGH, T. N.; PALEG, L. G. y ASPINALL, D. Stress metabolism III. Variations in response to water deficit in the barley plant. *Australian Journal of Biological Sciences*, 26:65-76. 1973.
20. YEM, E. W. y COCKING, E. C. The determination of aminoacids with ninhydrin. *Analyst* 80:209-213. 1955.

PUBLICACIONES

Agronea. El centro de Información Bioagropecuaria y Forestal de la Universidad Nacional del Nordeste, (Cibagro) de Argentina, ha iniciado en 1981, la publicación de una serie titulada **Agronea**. Su objetivo es suministrar información y documentación a las tareas de extensión e investigación en las provincias de Chaco, Corrientes y Formosa, así como la difusión de trabajos "no convencionales" y la provisión de datos de mercadeo agropecuario. Los dos primeros números de esta serie contienen sendos trabajos de investigación, ambos del mismo autor Guido A. Valles, el primero sobre asociación de gramíneas y leguminosas tropicales, y el segundo sobre comportamiento de forrajeras en el nordeste argentino. La dirección es CIBAGRO, Universidad Nacional del Nor-

deste, Av. Las Heras 727, Resistencia, Chaco, Argentina.

Training course introduction to ergonomics

"The joint (CIGR/IAAMRH/IUFRO) working group 'Promotion of Ergonomics in the Tropics' is organizing a TRAINING COURSE 'INTRODUCTION TO ERGONOMICS' specially held for staff members from tropical countries (researchers, teachers and extension officers) in agriculture of forestry who wanted to incorporate ergonomics (Am.: human engineering) into their regular job. The training course will be held from October 18 - November 12, 1982, in Wageningen, The Netherlands.

For information please write to:

Secretary Joint Working Group PET: Frits J. Staudt, Bosbouwtechniek, L. H.; P. O. B. 342; NL-6 700 AH Wageningen; The Netherlands."