

# COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE LA PAPA SOMETIDO A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO. II. ANALISIS DEL ESTADO HIDRICO DE LAS PLANTAS

E. Jerez, W. Torres, J. Dell'Amico y D. Morales

**ABSTRACT.** This research work was aimed at evaluating the effect of three levels (40, 60 and 80 %) of available moisture (HDS), as fixed according to its field capacity, upon plant water status. It was carried out for three successive years, using imported seed tubers from Desirée cv. the first year whereas national seed tubers in the following ones. Tubers were planted in pots containing compacted Red Ferralitic soil and further placed under semi-controlled conditions, following a randomized complete design; moisture was recorded through gravimetric method. Relative water content (CRA), leaf water potential (PH), free proline concentration in leaves and nitrate reductase enzyme activity were evaluated at different times of crop cycle. Index variations are discussed with respect to the imposed moisture conditions, PH being considered an adequate variable to determine plant water status as well as proline but to a lesser degree. The other variables did not have a stable performance.

**RESUMEN.** El trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de tres niveles (40, 60 y 80 %) de humedad disponible en el suelo (HDS), fijados a partir de la capacidad de campo del mismo, sobre el estado hídrico de las plantas. El experimento se condujo durante tres años consecutivos, para lo cual se usaron en el primero propágulos del cultivar Desirée de "semilla" importada y en los siguientes de procedencia nacional. La plantación se realizó en recipientes con suelo Ferralítico Rojo compactado, colocados en condiciones semicontroladas siguiendo un diseño completamente aleatorizado; el control de la humedad se realizó por el método gravimétrico. Se evaluaron el contenido relativo de agua (CRA), el potencial hídrico foliar (PH), la concentración de prolina libre foliar y la actividad de la enzima nitrato reductasa en diferentes momentos del ciclo de cultivo. Se discuten las variaciones sufridas por los indicadores, dadas las condiciones de humedad impuestas, manifestándose el PH como una variable adecuada para determinar el estado hídrico de las plantas, así como la prolina pero en menor grado. El resto de las variables no mostraron un comportamiento estable.

**Key words:** potato, *Solanum tuberosum*, soil water content, plant-water relations, crop physiology

**Palabras clave:** papa, *Solanum tuberosum*, contenido de agua en el suelo, relaciones planta-agua, fisiología vegetal

## INTRODUCCION

El cultivo de la papa en nuestras condiciones y el período del año en que se lleva a cabo la plantación, necesita del suministro de agua a través del riego y, aún así, se pueden presentar condiciones de estrés hídricos en las plantas que pueden afectar la producción en general, debido a la alta velocidad de transpiración que posee, la cual puede ser tan grande en ocasiones que el sistema radical no es capaz de satisfacer las necesidades de las plantas.

Distintos indicadores fisiológicos y bioquímicos se han usado para conocer el estado hídrico de las plantas, con los que es posible evaluar si éstas están bien abastecidas de agua o no, indagándose de esta manera en la planta y no en el suelo las exigencias en relación con este elemento.

Resulta de interés conocer cómo varían las relaciones hídricas en las plantas, cuando son sometidas a condiciones de estrés de humedad, ya que brinda elementos importantes que pueden ser tenidos en cuenta para evaluar el grado de resistencia o tolerancia a la sequía que un cultivar pueda tener sobre otro, aspecto que ofrece además información para los programas de mejoramiento y selección genética que en este sentido se llevan a cabo en el país.

Teniendo en cuenta estos elementos se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo de evaluar el efecto de tres niveles de disponibilidad de agua en el suelo y las variaciones que produce en el comportamiento de distintas variables relacionadas con el estado hídrico de las plantas.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se desarrolló en los años 1986, 1987 y 1988, con el cultivar Desirée y propágulos importados

Dr. E. Jerez y Dr. J. Dell'Amico, Investigadores Auxiliares, y Dr. W. Torres y Dr. D. Morales, Investigadores Titulares del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

en el primer año y de procedencia nacional en los dos restantes, en todos los casos de clase "A"; la plantación se efectuó en diciembre en el primero y en septiembre en los otros dos.

Se emplearon en todo momento recipientes de 0.20x0.20x0.50 m que contenían suelo Ferralítico Rojo compactado (Hernández *et al.*, 1975), los que se colocaron en un local con techo de cristal.

A partir de los 30 días después de plantadas (DDP), se establecieron niveles de humedad disponible en el suelo (HDS) de 40, 60 y 80 % hasta el final del ciclo de desarrollo a 50 plantas por tratamiento; los niveles de humedad se fijaron a partir de la capacidad de campo del suelo, que para el empleado fue de 34.6 % de la masa seca. Estas condiciones de humedad se controlaron por el método gravimétrico y los tratamientos fueron distribuidos según un diseño completamente aleatorizado.

A los 40 y 60 DDP, se realizaron mediciones del contenido relativo de agua (CRA) y el curso diario del potencial hídrico foliar (PH), según la metodología descrita por Turner (1981), ésta última solo en los años 1986 y 1987, además se determinó la concentración de prolina libre foliar, según Bates, Waldrein y Teare (1973) y la actividad de la enzima nitrato reductasa, según Anne M. Blondel y Denise Blanc (1975), dado que en la primera plantación las plantas tuvieron un ciclo más largo; esas determinaciones también se realizaron a los 85 DDP.

Estas evaluaciones se realizaron entre 8:30 y 9:00 am, excepto cuando se hizo el curso diario, en la cuarta y quinta hoja, numeradas a partir de la yema apical y con cuatro repeticiones por tratamiento.

La fertilización y el control fitosanitario se realizaron según la Norma Ramal para el cultivo (1984).

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple, según Snedecor y Cochran (1971), comparándose las medias por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla I se muestra el comportamiento del CRA; el mismo presentó una disminución progresiva desde el tratamiento donde las plantas tuvieron un mayor abastecimiento hídrico hasta el más seco, lo cual indicó que en este último las plantas contaron con una menor cantidad de agua para el desarrollo de sus funciones. Las diferencias entre tratamientos se acentuaron a medida que el estado de desarrollo de las plantas fue superior y, por ende, se encontraron mayor tiempo en las condiciones impuestas por el tratamiento.

Cabe destacar que al avanzar el desarrollo de las plantas, el CRA casi no varió en el tratamiento del 80 % HDS, tendió a disminuir ligeramente en el de 60 %, y disminuyó francamente en el de 40 %. Esto, de hecho, pudo haber condicionado a las plantas a una actividad fisiológica diferenciada al avanzar en su desarrollo, dados los tratamientos empleados, aspecto que ha sido señalado por Vos (1986) al trabajar con este cultivo.

Al analizar el valor promedio general del CRA de cada tratamiento en los diferentes años (Figura 1), se pudo comprobar que existió una relación positiva entre el nivel de humedad en que las plantas se desarrollaron y el grado de saturación hídrica de las hojas, expresado como CRA. Se destaca que las plantas del primer año manifestaron un mayor contenido de agua en sus hojas en todos los tratamientos, en comparación con el de las dos restantes que presentaron valores similares para cada tratamiento. Los CRA de las plantas del 60 y 80 % HDS de las dos últimas plantaciones, son comparables a los del 40 y 60 % HDS de la primera.

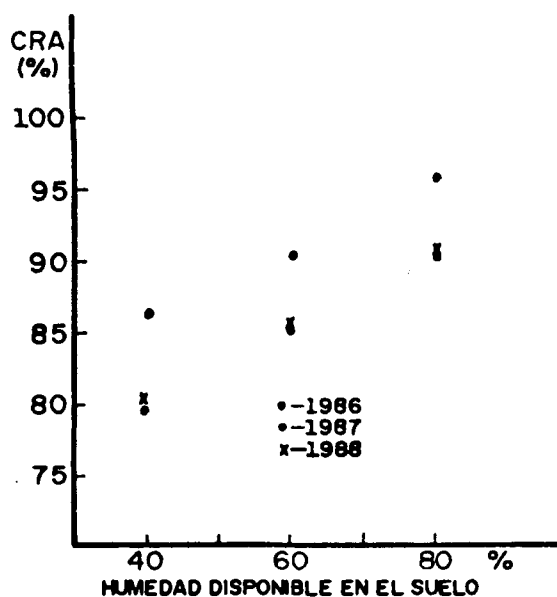


Figura 1. Comportamiento del contenido relativo de agua en función de la humedad en el suelo

Tabla I. CRA (%) de plantas sometidas a tres niveles de humedad en el suelo a los 40, 60 y 85 DDP

Tratamientos	1986			1987		1988	
	40	60	85	40	60	40	60
40 % HDS	90.18	87.79 b	80.32 b	81.28	78.89 c	83.77 b	77.22 c
60 % HDS	92.28	92.86 ab	84.33 b	84.89	85.87 b	85.38 b	82.96 b
80 % HDS	95.45	97.07 a	94.54 a	87.35	92.94 a	90.09 a	91.92 a
ES $\bar{x}$	2.20 NS	1.76 **	2.62 **	2.02 NS	0.71 **	0.50 **	1.05 **

En este comportamiento, la edad del tubérculo de propágulo debe haber ejercido alguna influencia en el estado hídrico de las plantas, como fue señalado por Coleman (1988), pues tubérculos más jóvenes permiten que las plantas logren CRA más altos que tubérculos más viejos, independientemente de que las fechas de plantación fueron diferentes entre el primer año y los dos restantes.

Un análisis general del comportamiento del CRA permite plantear que éste se ve influido por el nivel de humedad presente en el suelo; sin embargo, los cambios de humedad deben ser extremos para detectar diferencias en cuanto a las magnitudes que alcance esta variable que, además, depende de las condiciones climáticas, el grado de desarrollo que tengan las plantas y la edad fisiológica del propágulo.

**Potencial hídrico foliar.** En la figura 2 se presentan los resultados del PH medido en tres momentos del día y en diferentes estadios del desarrollo de las plantas. La variación de este indicador durante el día mostró un comportamiento típico al alcanzar valores más altos en horas de la mañana y los menores en horas del mediodía, momento que coincide con la alta tasa transpiracional que se presenta debido al aumento de la temperatura, para de nuevo en horas de la tarde comenzar a recuperarse.

De acuerdo con los resultados, el PH se vio modificado por la disponibilidad de agua a que estuvieron sometidas las plantas; de esta manera, en el tratamiento más seco (40 % HDS) se produjeron los valores más bajos, aún en las primeras horas de la mañana en las que este tratamiento se diferenció sustancialmente del resto, lo cual indica que las plantas desarrolladas en él se encontraban sometidas a un alto grado de estrés. De forma general, en horas de la mañana las diferencias entre los tratamientos del 80 y 60 % HDS, fueron pequeñas y se incrementaron en horas del mediodía, cuando los valores en el tratamiento de 60 % se acercaron a los alcanzados en el del 40 % de HDS.

En el tratamiento donde el agua en el suelo se mantuvo al 80 % HDS y al tener en cuenta los valores de ambas plantaciones, el PH se mantuvo entre -0.43 y -0.85 MPa, mientras que en el tratamiento más seco estuvo entre -0.64 y -1.06 MPa.

Al comparar ambos años, se puede señalar que en el segundo, en la evaluación efectuada durante los primeros estadios del desarrollo (40 DDP), el PH resultó ser más bajo en relación con los valores en similar estadio en el primer año, debido entre otras cosas a que las plantas del segundo se desarrollaron en una época donde las temperaturas resultaron ser más elevadas, lo cual influye en el estado energético del agua en las plantas que provocan reducciones en el PH.

En la segunda evaluación efectuada a los 60 DDP, los tratamientos de 80 y 80 % HDS mostraron valores más elevados en la plantación del segundo año, debido fundamentalmente a que esa evaluación se efectuó en un día lluvioso, húmedo y con baja intensidad luminosa, condiciones éstas que propiciaron que las plantas sometidas a estrés de humedad alcanzaran PH ligeramente más altos, a pesar del control de las precipitaciones por las condiciones semicontroladas en las que se desarrolló el experimento.

Esto indica que en la valoración del PH foliar se deben tener en cuenta, como aspecto fundamental, las condiciones meteorológicas del día de la evaluación, aún cuando se mantuvieron las diferencias entre tratamientos.

De acuerdo con los resultados, fue posible comprobar el comportamiento típico de esta variable durante el día, lo cual ha sido señalado por diferentes investigadores. Según Vos y Oyarzum (1987), durante el transcurso del día el PH declinó con el incremento de la radiación, e incrementó cuando ésta disminuyó. En un día normal ellos encontraron que el PH, en plantas de papa bien abastecidas de agua, puede alcanzar valores entre -0.8 y -1.0 MPa, resultados que concuerdan en general con los encontrados en el presente trabajo, no así con los señalados por Ackerson *et al.* (1977), quienes obtuvieron valores que estuvieron entre -1.9 y -2.0 MPa, en plantaciones normales, también a horas del mediodía y que resultan bajos para este cultivo.

De interés son los resultados de Bodlaender, van de Waart y Marinus (1986), quienes señalaron que los menores valores del PH se obtienen entre las 12:00 y las 4:00 pm, y recomendaron hacer la determinación con este fin a las 3:00 pm, si se desean detectar diferencias entre cultivares.

Por otra parte, también se ha comprobado el efecto que ejerce la humedad del suelo en el comportamiento de este indicador; en este sentido, Gandar y Tanner (1976) obtuvieron los valores más bajos cuando las plantas contaron con un menor suministro de agua.

Una consecuencia importante del PH lo constituye lo planteado por Van Loon (1981), con respecto a las disminuciones que se producen en la velocidad fotosintética, al decrecer el potencial hídrico de las hojas condicionado por el estrés de humedad en el suelo: como resultado, la acumulación de biomasa se ve sensiblemente reducida; los resultados experimentales obtenidos en la acumulación de biomasa confirmaron lo señalado, ya que las plantas sometidas a estrés tuvieron una pobre acumulación de masa seca y un PH más bajo.

A manera de conclusión se puede señalar que el PH sufrió reducciones considerables, por estar las plantas sometidas a estrés de humedad y se pusieron de manifiesto también las variaciones que experimenta el PH en cuanto a magnitud, que se deben a los cambios durante el día, lo cual provoca valores altos en horas de la mañana y bajos después del mediodía. Las condiciones meteorológicas también producen variaciones importantes en el comportamiento del PH, las cuales deben tenerse en cuenta si se desean obtener mejores resultados.

**Algunos aspectos del metabolismo nitrogenado.** Debido a que la influencia de la humedad en el suelo también afecta cada uno de los procesos bioquímicos que ocurren en las plantas, por encontrarse éstas sometidas a una deficiencia hídrica, se evaluaron dos aspectos relacionados con el metabolismo nitrogenado, los cuales se analizan seguidamente.

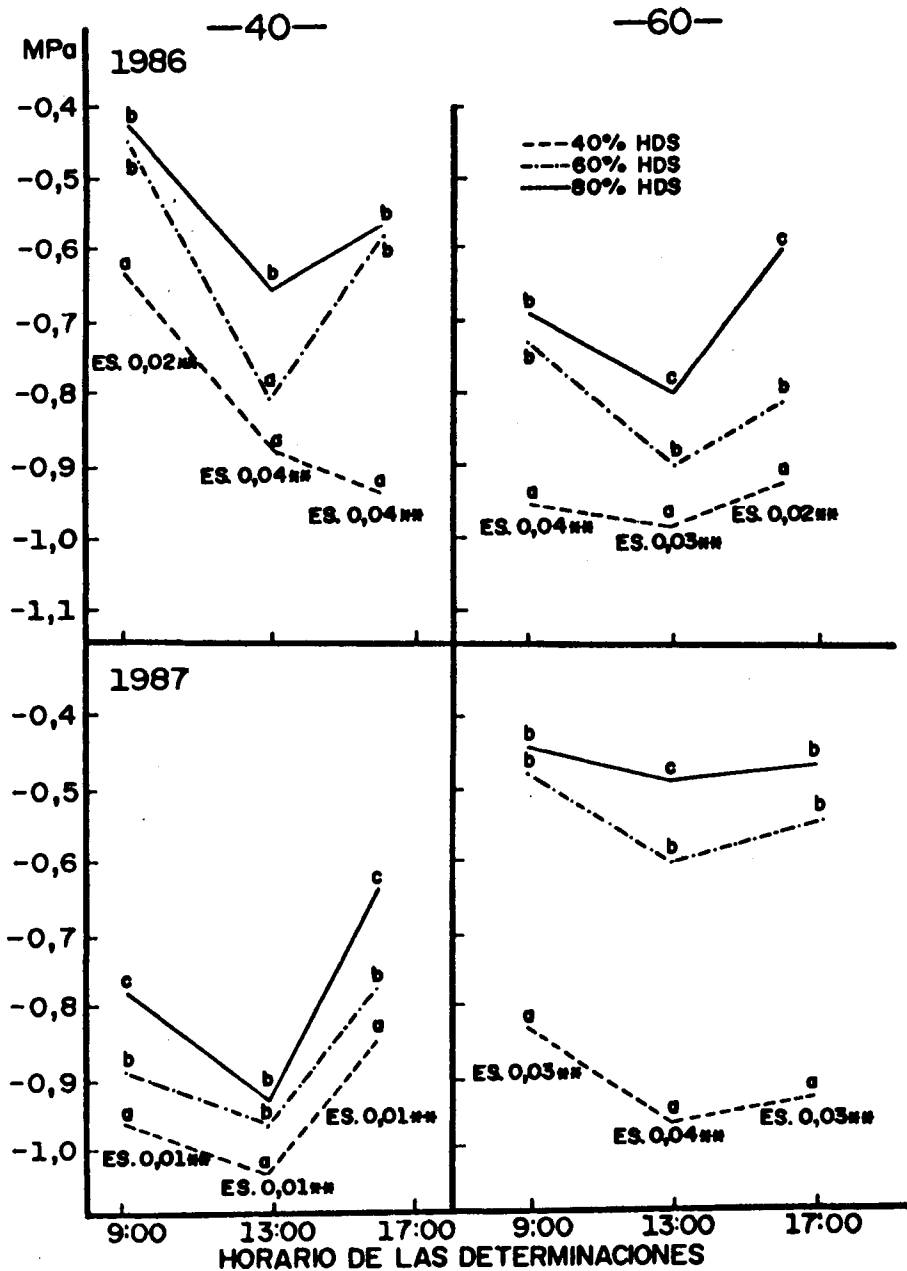


Figura 2. Potencial hídrico foliar en tres momentos del día de plantas sometidas a niveles "fijos" de humedad en el suelo, a los 40 y 60 días después de plantadas

**Contenido de prolina libre foliar.** La determinación de la concentración de prolina libre foliar realizada en diferentes momentos del desarrollo, se muestra en la tabla II.

Se puede observar que la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo hasta el 40 % HDS, provocó mayor acumulación de este aminoácido en las hojas de las plantas, lo que permitió además que se detectaran diferencias significativas de ese tratamiento con el resto de los empleados, diferencias que entre el tratamiento intermedio (60 % HDS) y el de mayor abastecimiento hídrico (80 % HDS) no se manifestaron en el primer año, aunque sí en los otros dos.

Al tomar en consideración el momento en que se detectó la mayor acumulación de prolina durante el desarrollo (60 DDP), los incrementos en su concentración con respecto al tratamiento control representaron para las plantas con un nivel intermedio de humedad: 22 % en el primer año, 411 % en el segundo y 104 % en el tercero; mientras que para el tratamiento en que las plantas se mantuvieron bajo condiciones de estrés, los incrementos representaron 100 % en el primer año, 633 % en el segundo y 446 % en el tercero.

Estos porcentajes de incremento están aún por debajo de los encontrados por Palfi et al. (1974) en este cultivo, aunque en su caso, usó hojas separadas de la planta y sometidas a estrés en soluciones de polietilén

Tabla II. Contenido de prolina libre foliar ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{MF}$ ) de plantas bajo tres niveles de humedad en el suelo, a los 40, 60 y 85 DDP

Tratamientos	1986			1987		1988	
	40	60	85	40	60	40	60
40 % HDS	32.00 a	110.66 a	72.33 a	149.00 a	207.66 a	66.24 a	334.82 a
60 % HDS	24.00 b	68.00 b	31.33 b	108.00 b	145.00 b	36.18 b	125.15 b
80 % HDS	19.33 b	55.66 b	34.66 b	17.33 c	28.33 c	24.39 c	61.32 c
ES x	1.72**	6.30**	11.09**	3.92**	2.55**	2.34**	33.60**

glicol, tratamientos que son empleados normalmente, aún cuando Singh y Rai (1981) se cuestionan el tiempo que las muestras son sometidas a esa condición, ya que se pueden producir incrementos anormales.

Los valores de la acumulación de prolina fueron superiores en igual período de tiempo (DDP), en el segundo y tercer años en relación con el primero, sobre todo en los tratamientos donde existió una menor cantidad de agua en el suelo, aspecto que pudiera deberse en lo fundamental a que al estrés de humedad se sumó que las plantas de esos dos años se desarrollaron bajo temperaturas más elevadas, lo cual favorece el incremento de prolina, como ha sido comprobado por Torres (1990), en plantaciones de papa desarrolladas en períodos más tempranos (septiembre) a los recomendados.

El encontrar diferentes concentraciones de prolina de un año a otro, para un mismo nivel de disponibilidad de agua en el suelo, evidenció que este indicador permite sólo comparar una planta que esté bien abastecida con otra que esté sujeta a déficit hídrico y que se desarrollen en igualdad de condiciones en el resto de los factores, por lo que su empleo como indicador para efectuar el riego puede presentar limitaciones.

Resultados similares en el "pool" de prolina, tanto en plantas no estresadas como en las sometidas a estrés, han sido señalados en tomate y papa (Handa *et al.*, 1983 y Pahlich, 1985, respectivamente), los que concluyeron que se produjo una mayor concentración a mediados del ciclo de crecimiento, para a partir de ahí comenzar a declinar hacia el final.

Las respuestas en cuanto a la acumulación de prolina estuvieron también en correspondencia con el estado hídrico presente en la planta y analizado anteriormente a través del CRA y el PH.

Según algunos autores, el incremento en la concentración de prolina debido al estrés de humedad, pudiera estar asociado a un desbalance en el metabolismo proteico y presumiblemente del carbono (Tully, Hanson y Nelsen, 1979), aún cuando otros sugieren que esto no es más que mecanismos propios de defensa de las plantas ante situaciones adversas, en las que éstas tengan que realizar un uso más racional del agua, ya que de esta forma al aumentar este compuesto en las células, disminuye su potencial osmótico y por ende hay una mayor retención del agua en los tejidos; sin embargo, lo que sí ha sido esclarecido es que la biosíntesis de prolina en la condición de estrés se incrementa, como ha sido comprobado por Concuera, Hintz y Pahlich (1989); de ahí que en estas condiciones, las plantas mostraran mayores contenidos de prolina que las no estresadas.

Otro aspecto a tener en cuenta es la inhibición de la oxidación de la prolina en plantas estresadas, debido a la baja acción de las enzimas prolina oxidasa y prolina deshidrogenasa, como fue comprobado por Veeranjanyulu y Kumari (1989); por otra parte, una vez que el déficit hídrico se elimina, después de un período de estrés, la prolina acumulada se pierde rápidamente por su oxidación a glutamato, su precursor fundamental.

*Actividad de la enzima nitrato reductasa.* El efecto de la disponibilidad de agua en el suelo sobre la actividad *in vivo* de la enzima nitrato reductasa en hojas, se presenta en la tabla III.

Se puede señalar que no se presentó una respuesta bien definida en relación con la actividad de esta enzima, y la variación de las disponibilidades de agua en el suelo, aún cuando de forma general las plantas que recibieron un mayor abastecimiento hídrico (80 % HDS), presentaron una mayor actividad en comparación con las que se desarrollaron con una menor disponibilidad de agua (40 % HDS).

Este comportamiento, como se puede observar en la tabla III, estuvo también influido por los años de estudio, pues en las plantaciones de los años 1987 y 1988 realizadas en el mes de septiembre, a los 40 DDP no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en la primera de ellas dos, se detectó una actividad mayor a los 60 DDP en el tratamiento con menor abastecimiento hídrico.

Con respecto a la menor actividad detectada en los tratamientos más secos, resultó esto un efecto negativo entre otros aspectos de la fisiología y la bioquímica, lo cual unido a otros factores provocaron que éstas fueron más pequeñas en altura, con una superficie foliar y acumulación de biomasa menores.

Se han señalado diferentes causas para explicar la disminución de la actividad de esta enzima en plantas sometidas a estrés, pues no sólo por el hecho de que exista una actividad fotosintética menor y entonces la enzima cuente por esa vía con un menor suministro de NAD(P)H, y de hecho una menor fuente de electrones para reducir el nitrato asimilado, aspecto que fue debatido por Alena Gaudinova (1982), sino también a que al haber un menor consumo de agua, la transpiración fue menor y de hecho haya existido una baja absorción de nitratos (Kramer, 1983).

Por otra parte, se ha reconocido por muchos investigadores la influencia de la humedad del suelo en la actividad de esta enzima, y señalaron Morrilla, Boyer y Hageman (1973) que su menor actividad puede deberse a un incremento de su degradación, mientras que Barnett y Naylor (1966) habían señalado que se debía a una disminución de su síntesis, y en especial de proteínas en general.

**Tabla III. Actividad de la enzima NR (nmoles NaNO<sub>2</sub>·g<sup>-1</sup> MF.h<sup>-1</sup>) de plantas bajo tres niveles de humedad en el suelo, a los 40, 60 y 85 DDP**

Tratamientos	1986			1987		1988	
	40	60	85	40	60	40	60
40 % HDS	82.31 b	88.78 b	300.44	91.92	448.86 a	276.00	610.50 c
60 % HDS	117.77 a	152.66 b	371.55	91.03	213.86 b	237.60	1298.03 b
80 % HDS	134.49 a	640.00 a	396.44	118.18	198.86 b	229.78	1494.65 a
ES x	5.72**	36.40**	62.42 NS	12.33 NS	23.02**	8.64 NS	62.92**

No existe información con respecto al comportamiento de esta enzima en distintas condiciones de humedad en el cultivo de la papa, aunque sí se han tenido en cuenta otros factores como es el caso de la edad de las hojas y el efecto del fotoperíodo, entre otros.

Sin hay y Nicholas (1981) señalaron que la actividad de la enzima puede ser regulada a través de la disponibilidad de nitrato en el medio, una inhibición de la síntesis de proteínas o disminuciones en equivalentes de reducción, a través del efecto sobre la fotosíntesis y la respiración, procesos que son afectados por el déficit hídrico.

Cabe destacar que los tratamientos empleados en el presente trabajo consistieron en aplicar el déficit hídrico por períodos prolongados de tiempo y esto puede provocar un acondicionamiento de las plantas que no permita detectar eficientemente las variaciones en la actividad de esta enzima, dado el grado de endurecimiento que debió haber provocado en las plantas tal condición de estrés, aspecto que puede resultar más evidente en experimentos en los que la disponibilidad de agua en el suelo se aplique por períodos cortos de tiempo. Por otra parte, las variaciones en otros factores externos no controlados (intensidad y calidad de la luz) pueden haber conducido a no encontrar una respuesta definida ante el factor humedad.

## BIBLIOGRAFIA

Ackerson, R. C. / *et al.* Water Relations and Physiological Activity of Potatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci. (Alexandria)* 102:572-575, 1977.

Barnett, N. M. y A. W. Naylor. Amino Acids and Protein Metabolism in *Bermuda grass* During Water Stress. *Plant Physiol. (Rockville)* 41:1222-1230, 1968.

Bates, L. S. R. P. Waldrein, e. I. D. Teare. Rapid Determination of Free Proline For Water Stress Studies. *Plant Soil (La Haya)* 39:205-207, 1973.

Blondel, Anne M. y Denise Blanc. Mise au point d'une méthode de mesure *in vivo* de l'activité de la nitrato réductase. *Ann. Agron. (Paris)* 26:309-322, 1975.

Bodlaender, K. B. A. Effects of Drought on Water Use, Photosynthesis and Transpiration of Potatoes. 2. Drought, Photosynthesis and Transpiration. / K. B. A. Bodlaender, M. van de Waart, J. Marinus. En: *Potato Research of Tomorrow. Drought Tolerance, Virus Resistance and Analytic Breeding Methods. Proceedings of an International Seminar (1985 Oct. 30-31. Wageningen, Netherlands).* Wageningen, PUDOC, 1986. - p. 44-54.

Coleman, W. K. Tuber Age As a Contributory Factor in The Water Relations of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Am. Potato J. (Orono)* 65:109-118, 1988.

Corcuera, L. J., M. Hintz y E. Pahlisch. Proline Metabolism in *Solanum tuberosum* cell Suspension Cultures Under Water Stress. *J. Plant Physiol.* 134:290-293, 1989.

Cuba. NRAG 709. Riego y Drenaje. Pronóstico del momento de riego. Determinación. Método bioclimático. - Vig. 1984, 18 p.

Gander, P. W. y C. B. Tanner. Leaf Growth, Tuber Growth and Water Potential in Potatoes. *Crop Sci. (Madison)* 16:534-538, 1976.

Gaudinova, Alena. The Effect of Leaf Insertion on Nitrate Reductase and Glutamine Synthetase Activity and NO<sub>3</sub>-N Content in *Pisum sativum* L. *Biologia Plant. (Praga)* 24:468-470, 1982.

Handa, S. / *et al.* Solutes Contributing to Osmotic Adjustment in Cultured Plant Cells Adapted to Water Stress. *Plant Physiol. (Rockville)* 73:834-843, 1983.

Hernández, A. / *et al.* Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba. Suelos (La Habana)* 23:1-25, 1975.

Kramer, P. J. Water Deficits and Plant Growth. / P. J. Kramer, ed. En: *Water Relations of Plants.* Londres: Academic Press, 1983. - p. 342-416.

Loon van, C. D. The Effect of Water Stress on Potato Growth, Development and Yield. *Am. Potato J. (Orono)* 58:51-69, 1981.

Morilla, C. A., J. S. Boyer y R. H. Hageman. Nitrate Reductase Activity and Polirribosomal Content of Corn (*Zea mays* L.) Having Low Leaf Water Potential. *Plant Physiol. (Rockville)* 51:817-824, 1973.

Pahlisch, E. Proline in Protoplasts: The Chemical Potential of Proline and Stress Sensitivity of Cells. / E. Pahlisch. - P. E. Pilet, ed. En: *The Physiological Properties of Plant Protoplasts.* Berlin: Springer Verlag, 1985. - p. 200-208.

Palfi, G. / *et al.* The Role of Amino Acids During Water Stress in Species Accumulating Proline. *Phyton (Buenos Aires)* 32:121-128, 1974.

Singh, G. y V. K. Rai. Free Proline Accumulation and Drought Resistance in *Cicer arietinum* L. *Biol. Plant. (Praga)* 23:86-90, 1981.

Sinha, S. K. Nitrate Reductase. / S. K. Sinha, J. D. Nicholas, L. G. Paleg, eds. En: *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants.* New York: Academic Press, 1981. - p. 145-169.

Snedecor, G. Métodos estadísticos. / G. Snedecor y W. Cochran. - C. México: Ed. Continental. 1971. - 702 p.

Torres, W. Influencia de las condiciones climáticas fuera de época óptima de plantación en la morfología y algunas variables del crecimiento de diferentes variedades. / W. Torres. - Informe Final de investigación; INCA, 1990. - 18 p.

Tully, R. E., A. D. Hanson y C. E. Nelsen. Proline Accumulation in Water-Stressed Barley Leaves in Relation to Translocation and The Nitrogen Budget. *Plant Physiol. (Rockville)* 63:518-523, 1979.

Turner, N. C. Techniques and Experimental Approaches for The Measurement of Plant Water Status. *Plant Soil (La Haya)* 58:339-368, 1981.

Veeranjaneyulu, K. y B. D. R. Kumari. Proline Metabolism During Water Stress in Mulberry. *J. Exp. Bot. (Oxford)* 40:581-583, 1989.

Vos, J. Research on Water Relations and Stomatal Conductance in Potatoes. 2. A Comparison of Three Varieties Differing in Drought Tolerance. / J. Vos. - En: *Potato Research of Tomorrow, Drought Tolerance, Virus Resistance and Analytical Breeding Methods. Proceedings of an International Seminar (1985 Oct. 30-31. Wageningen, Netherlands).* Wageningen: PUDOC, 1986. - p. 29-35.

Vos, J. y P. J. Oyarzum. Photosynthesis and Stomatal Conductance of Potato Leaves Affects Leaf Age, Irradiance and Leaf Water Potential. *Photos. Res. (La Haya)* 11:253-264, 1987.

Recibido: 29 de abril de 1994

Aceptado: 10 de mayo de 1994