

Concentración de prolina como indicador de déficit hídrico en tres patrones cítricos.

G. LABOREM E., M. WAGNER y F. REYES*

PROLINE CONTENT AS AN INDICATOR OF WATER SHORTAGE IN THREE CITRUS ROOTSTOCK VARIETIES.

G. LABOREM E., M. WAGNER and F. REYES.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, n° 3, p. 259-264.

ABSTRACT - The study was carried out at the CENIAP Centre in Maracay (Venezuela) with controlled irrigation. Two years 'Valencia' orange plants were used grafted on to 'Cleopatra' mandarin, *Citrus volkameriana* of 'Carrizo' citrange. The aim was to determine the proline content of plants subjected to water deficiency. Irrigation was applied during the dry season (December to April) for two successive years (1987-88 and 1988-89). The analyses performed revealed the lowest proline content when irrigation was most frequent. The level of this amino acid increased with water shortage. *C. volkameriana* was more sensitive to water shortage than 'Carrizo' citrange. 'Cleopatra' mandarin was also very sensitive to water stress. The results lead to recommending that plants grafted on 'Cleopatra' and 'Carrizo' should be watered at intervals no longer than ten days and *C. volkameriana* should be watered at least every five days.

TENEUR EN PROLINE COMME INDICATEUR DE DEFICIT HYDRIQUE CHEZ TROIS PORTE-GREFFE D'AGRUMES.

G. LABOREM E., M. WAGNER et F. REYES.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, n° 3, p. 259-264.

RESUME - L'étude a été réalisée au Centre CENIAP de Maracay (Vénézuéla) en conditions d'irrigation contrôlée. On a utilisé des plants de deux ans d'orange Valencia greffés sur mandarinier Cléopâtre, sur *Citrus volkameriana* ou sur citrange Carrizo. L'objectif était de déterminer la teneur en prolina de plants soumis à un déficit hydrique. L'irrigation a été appliquée durant la saison sèche (décembre à avril) pendant deux années consécutives (1987-1988 et 1988-1989). Les analyses effectuées ont montré la plus faible teneur en prolina avec l'irrigation la plus fréquente. Par contre, l'accumulation de l'acide aminé est d'autant plus élevée qu'est plus grande la contrainte hydrique. Le *C. volkameriana* a révélé une plus grande sensibilité au déficit en eau que le citrange Carrizo. Le mandarinier Cléopâtre est, aussi, très sensible au stress lié au manque d'eau. Ces résultats conduisent à recommander d'arroser les plants greffés sur Cléopâtre et Carrizo selon une fréquence ne dépassant pas dix jours et cinq jours pour *volkameriana*.

INTRODUCCION

La tolerancia a la sequía en plantas como maíz, frijoles, cítricos, soya y sorgo ha sido evaluada y estudiada. La cuantificación del contenido de prolina en hojas constituye un indicador a los déficit hídricos al cual ha sido sometida la planta. Incrementos en el contenido de aminoácidos como resultado de la hidrólisis de proteínas en el limón 'Rugoso' y lima dulce desarrollados bajo condiciones de déficit de agua, han sido señalados por CHEN y KESSLER (1964). Trabajando con maíz, GORING (1978), encontró que la prolina se acumula en tallos y raíces bajo tensión salina y deficiencias nutricionales; sugirió que la acumulación del aminoácido se produce en el citoplasma donde tiene un papel importante en la hidratación de las proteínas. Además del déficit hídrico y de la tensión salina, trata-

mientos a bajas temperaturas también inciden en la concentración de prolina en los tejidos de árboles jóvenes de grapefruits, PURVIS y YELENOSKY (1983). Por su parte HUBAC y VIEIRA (1980) señalan que la prolina se acumula rápidamente bajo condiciones de tensión hídrica y salinidad en especies sensibles, y lentamente en especies resistentes. Afirman que conocer la velocidad de acumulación, parece ser un buen índice de resistencia. BLUM y EBERCON (1976) encontraron en sorgo que la prolina comienza a acumularse a medida que se reduce el potencial de agua en la hoja; comentan además, que está correlacionada positivamente con la velocidad de recuperación de la tensión al suministrarle agua de nuevo. Cuando existe déficit hídrico en la hoja, el contenido de prolina se incrementa violentamente, así lo señalan PALFI *et al.* (1971), consideran además, que las plantas resistentes a la sequía sintetizan más prolina que las variedades menos resistentes. SAWAZAKI *et al.* (1981) encontraron en hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que la escasez de agua indujo un contenido

* - FONAIAP - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Apto. 4653 - MARACAY 2101 - Venezuela.

significativo de prolina 15 días después de iniciado el período de sequía, a los 11 días no hubo diferencia significativa; concluyen que la diferenciación estadística a los 15 días en el contenido de prolina representa una medida de la resistencia a la sequía. Al evaluar las relaciones hídricas con el contenido de prolina libre en las hojas de cítricos TORRES *et al.* (1986) encontraron diferencias significativas entre las variedades de copas y patrones estudiados. Otros investigadores afirman que el nivel de prolina, se encuentra en una alta concentración en las hojas de los cítricos y el nivel cambia con las diferentes etapas del cultivo, MORENO y GARCIA (1984).

Este trabajo fué realizado con el fin de probar la tolerancia que poseen los patrones mandarino 'Cleopatra', limón 'Volkameriano' y citrange 'Carrizo' a la falta de humedad en el suelo, utilizando la concentración de prolina en hojas como indicador de déficit hídrico.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) en plantas de naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* Osbeck) de dos años, bajo condiciones de riego controlados. Según PAPADAKIS (1975) en esta zona se presentan cuatro meses áridos, uno seco, otro moderadamente húmedo, uno húmedo y cinco muy húmedos. Así mismo HOLDRIDGE, citado por EWEL y MADRIZ (1968), clasifica la zona como: Bosque seco Premontano, donde se presenta una precipitación pluvial anual (1988-1989) de 1106,4 mm, una evapotranspiración potencial anual de 1071,5 mm y una temperatura promedio anual igual a 24,74°C (cuadro 1).

El naranjo 'Valencia' fué injertado sobre mandarino 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort); limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Pasquale) y citrange 'Carrizo' (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*), se plantaron en recipientes de 200 litros, con una mezcla en partes iguales de turba, suelo y arena, desinfectados con vapor. Los niveles hídricos consisten en tres rangos de humedad: alto, medio y bajo, aplicados a través de tres frecuencias de riego cada 5, 10 y 15 días respectivamente, formándose nueve tratamientos provenientes de un factorial de 3² (cuadro 2). El diseño experimental empleado fué el completamente aleatorizado en donde cada tratamiento se replicó cinco veces (5 recipientes, lo que da un total de 45 recipientes, utilizándose una planta por cada uno de ellos (unidad experimental). Los análisis físicos del suelo permitieron determinar la textura, mediante el método de CHIRINOS *et al.* (1975). Para conocer la curva de retención de humedad desde 1/3 a 15 atmósfera se utilizó el método de RICHARD, citado por WAGNER *et al.* (1984). El contenido de humedad se calculó gravimétrica y volumétrica (cuadro 3). La densidad aparente del suelo fué determinada utilizando el muestreador tipo Uhland pequeño (3,5 cm), tomando las muestras entre 0-73, 48 cm de profundidad en forma aleatoria. Con la finalidad de conocer la cantidad de humedad volumétrica existente en el suelo, antes de realizar el riego y para cada tratamiento se procedió a determinar el contenido de humedad. En este sentido se tomaron muestras de suelo de cada recipiente, las cuales fueron secadas a 105°C, durante 24 horas, calculándose el contenido gravimétrico de humedad porcentual (cuadro 3). La fertilización se efectuó al momento de la siembra con fórmula completa

12-12-17/2 a razón de 100 g por planta, más una dosis extra de úrea de 100 g. La muestra foliar tomada de ramas con hojas completamente desarrolladas fué de seis hojas/planta. A esta se le determinó la prolina colorimetricamente mediante el método desarrollado por BATES *et al.* (1973), leída en Spectronie 20 a un rango de 250 μ m. La lámina para la frecuencia de riego de 4 días fué de 14,6 mm/día; de 7,3 mm/día para 10 días y de 4,8 mm/día para 15 días respectivamente aplicada en un recipiente cuyo diámetro es igual a 0,59 metros.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 4 y figura 1, aparecen las características físicas del suelo estudiado. En ellos se observa una texture franco-arenosa, contenido de agua aprovechable de 8,92 %, densidad aparente de 1,06 g/cm³ y un almacenamiento máximo de humedad de 69,50 mm. El bajo valor de la densidad aparente obtenida se debe fundamentalmente a la mezcla de suelo utilizada, la cual consiste de 1/3 de cada uno de los componentes siguientes: suelo cernido, arena aluvial y turba.

De acuerdo al análisis estadístico cuadro 5, se puede afirmar que no se encuentran diferencias significativas entre los patrones estudiados con respecto al contenido de prolina, aún considerando un nivel de $\alpha = 0,10$.

La figura 2, corresponde al primer ciclo de la investigación, las plantas se encuentran en su primera fase de crecimiento por lo tanto no presentan una marcada diferencia en la concentración de prolina entre los patrones estudiados.

En la figura 3, se puede observar que los patrones estudiados se comportan iguales estadísticamente en su respuesta a los déficit hídricos. Sin embargo, la frecuencia con la cual fueron aplicados los riegos resultaron altamente significativos, esto indica que el momento o período en el cual se realiza el muestreo, influye en la respuesta o contenidos de prolina.

Cada patrón en particular, figura 3 presentó una tendencia o contenido de prolina diferente según la frecuencia de riego, es decir, el menor contenido de prolina ocurre cuando es más frecuente el riego (5 días): la mayor acumulación del aminoácido se presenta cuando las plantas están sometidas a una mayor fatiga hídrica (15 días). Aún cuando de acuerdo al análisis de varianza no existen diferencias significativas, entre patrones, se nota que los niveles de prolina en el patrón 'Carrizo' tienden a ser inferiores a los otros dos patrones, pudiéndose pensar que al soportar tensiones de humedad de 6,0 atmósfera (cuadro 3) y acumular menor cantidad de prolina que 'Cleopatra' y 'Volkameriano', posee una mayor resistencia al déficit hídrico.

El patrón limón Volkameriano es resistente a la sequía según SALIBE A.A. (1977), citado por MONTEVERDE (1982). Cuando se aplica el riego cada 15 días se produce el agotamiento total del agua aprovechable (cuadro 3). Esto demuestra la alta capacidad de extracción de humedad que posee 'Volkameriano' al compararlo con los otros dos patrones estudiados. De persistir la alta tensión hídrica en el suelo (15 atm), se correría el riesgo de producirse la plas-

CUADRO 1 - Balance hídrico (*) del Campo Experimental CENIAP, en un ensayo donde se compararon dos ciclos del cultivo cítricos (1988 y 1989), Maracay 1990.

Meses	Precipitación (mm) (1)		ETP (mm) (2)		Almacenamiento (mm) (3)		Índice de hum. promedio (IH) (4)	Clíma
	Ciclo 88	Ciclo 89	ciclo 88	ciclo 89	ciclo 88	ciclo 89		
Ene.	0,00	0,30	89,9	82,2	0,0	5,20	0,03	arido
Feb.	11,50	0,80	104,0	84,5	2,6	0,10	0,08	arido
Mar.	0,00	0,00	113,9	114,7	1,8	0,00	0,007	arido
Abr.	13,00	0,00	127,2	110,5	2,2	0,00	0,06	arido
May.	35,10	142,60	118,3	93,2	8,0	22,20	0,98	mod. húmedo
Jun.	209,90	51,20	85,1	89,3	33,7	28,80	1,85	húmedo
Jul.	149,00	164,10	76,5	74,2	57,8	31,60	2,67	muy húmedo
Agos.	199,80	232,60	74,7	85,0	65,4	60,40	3,49	muy húmedo
Sept.	238,50	230,10	89,9	75,4	69,5	69,50	3,67	muy húmedo
Oct.	160,70	136,70	77,2	89,5	68,2	62,10	2,56	muy húmedo
Nov.	140,10	78,70	75,2	54,7	64,4	51,20	2,58	muy húmedo
Dic.	16,60	1,30	66,9	90,6	35,9	3,20	0,36	seco
Total			1106,40	1071,5		371,90		

(*) aplicando el modelo de Sellar (1965)

1 - Estación Meteorológica del CENIAP - Edo. Aragua.

2 - ETP = evapotranspiración potencial = K. Ev ; K = 0,65 para cítricos, según Hargreaves, citado por Grassi (1976).

3 - Almacenamiento máximo, ver cuadro.

4 - (IH) = índice de humedad = $\frac{P+Alm.}{ETP}$; según Papadakis (1975).

CUADRO 2. Tratamientos considerados en el experimento. 1988-1989.

Tratamientos N°	Patrón	Factores	
		Frecuencia de riego (días)	
T1	Cleopatra		5
T2	Volkameriana		5
T3	Carrizo		5
T4	Cleopatra		10
T5	Volkameriana		10
T6	Carrizo		10
T7	Cleopatra		15
T8	Volkameriana		15
T9	Carrizo		15

CUADRO 3 - Humedad volumétrica promedio existente en el suelo antes de realizado el riego, en un ensayo donde se compararon dos ciclos del cultivo Cítricos (1988) y (1989) en el Campo Experimental del CENIAP. Edo. Aragua, 1990.

Tratamiento de riego (días)	Variedad	contenido de humedad volumétrica en el suelo						contenido de humedad volumétrica en el suelo					
		Ciclo 1988 (1)						Ciclo 1989 (2)					
		Hg (%) (3)	TH (atm.) (4)	DAS (g/cm ³) (5)	C Cg (%) (6)	Hv (%) (7)	C CV (%) (8)	Hg (%)	TM (atm.)	DAS (g/cm ³)	C Cg (%)	Hv (%)	C Cv (%)
5	Cleopatra	24,79	0,00	1,06	14,68	26,27	15,56	19,20	0,10	1,06	14,68	20,40	15,56
	Volkameriana	23,47	0,00	1,06	14,68	24,87	15,56	15,20	0,25	1,06	14,68	16,10	15,56
	Carrizo	24,89	0,00	1,06	14,68	26,38	15,56	19,20	0,10	1,06	14,68	20,70	15,56
10	Cleopatra	24,60	0,00	1,06	14,68	26,07	15,56	9,20	2,00	1,06	14,68	9,80	15,56
	Volkameriana	17,72	0,15	1,06	14,68	28,26	15,56	6,50	8,00	1,06	14,68	6,80	15,56
	Carrizo	25,57	0,00	1,06	14,68	23,92	15,56	9,20	2,00	1,06	14,68	9,60	15,56
15	Cleopatra	20,81	0,00	1,06	14,68	22,05	15,56	6,90	7,00	1,06	14,68	7,40	15,56
	Volkameriana	17,27	0,15	1,06	14,68	18,10	15,56	4,50	15,00	1,06	14,68	4,70	15,56
	Carrizo	18,38	0,12	1,06	14,68	19,48	15,56	7,20	6,00	1,06	14,68	7,60	15,56

1 - se realizaron 5 observaciones, durante el ciclo 1988, desde el 21.03.88 al 05.12.88.

2 - se realizaron 6 observaciones, durante el ciclo 1989, desde el 04.01.89 al 07.12.89.

3 - Hg, humedad gravimétrica antes del riego.

4 - TH, tensión de humedad, antes del riego.

5 - DAS, densidad aparente del suelo.

6 - C Cg, capacidad de campo, gravimétrica a 0,33 atmosferas.

7 - Hv, humedad volumétrica = $Hg \cdot DAS$.

8 - C Cv, capacidad de campo volumétrica, a 0,33 atmosferas = $C Cg \cdot DAS$.

CUADRO 4 - Análisis físico (*) del suelo, donde se instaló el ensayo de Cítricos - riego Maracay - Edo Aragua, 1990.

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limon (%)	Arcilla (%)	Textura	Retención humedad 1/3 atm.	AA (%) (1)	DAS (g/cm ³)	Almacen. máximo (mm) (2)
0-73,48	70,6	19,0	10,4	F-aren	14,68	8,92	1,06	69,50

(*) Realizado en el Laboratorio de suelos del CENIAP.

1 - AA, agua aprovechable en el suelo (%).

2 - Almacen. máximo = $\frac{CC - PMP}{100} \cdot \frac{DAS}{DA} \cdot Prof. = \frac{14,68 - 5,76}{100} \cdot \frac{1,06}{100} \cdot 734,8 = 69,50 \text{ mm}$

CUADRO 5 - Análisis de varianza del contenido de prolina en los patrones Cleopatra, Volkameriano y Carrizo.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	I
Patrones (P)	2	1 974,94	987,47	1 907 n.s.
Frecuencia (F)	2	19 086,18	9 543,09	18 430 **
Error (a)	36	18 640,37	517,79	
Muestreos (M)	2	28 360,54	14 315,27	27 982 **
M x P	4	3 770,60	942,65	1 843 n.s.
M x F	4	9 745,88	1 436,47	4 763 **
M x P x F	8	3 541,38	442,67	0,865 n.s.
Error (b)	72	36 833,62	511,58	

** - Significativo al 1%

CUADRO 6 - Valores promedios de prolina para las frecuencias de riego estudiadas.

Frecuencia	\bar{X} ($\mu\text{mol/gr}$)
F1 (riego cada 5 días)	9.33 c*
F2 (riego cada 10 días)	25.31 b
F3 (riego cada 15 días)	38.46 a

* - Medias con la misma letra son iguales al nivel 1% (DUNCAN)

CUADRO 7 - Valores promedios de prolina en el muestreo.

Muestreo	\bar{X} ($\mu\text{mol/gr}$)
M1	5,18 c *
M2	27,86 b
M3	40,10 a

* - Medias con la misma letra son iguales al 1% (DUNCAN).

mólosis y finalmente colapso celular. Este hecho llevar a afirmar que el limón 'Volkameriano' lejos de ser un patrón resistente a la sequía, se hace vulnerable más rápidamente al déficit hídrico debido a la alta tasa de extracción del líquido. El patrón 'Cleopatra' individualmente registra los mayores tenores del aminoácido para cada una de las frecuencias establecidas (figura 3), conjuntamente con la tensión de 7,0 atm (cuadro 3). Esto revela la alta susceptibilidad a los déficit hídricos. La interacción (muestreo x frecuencia) (M x F) (cuadro 5), señala que las diferencias entre frecuencias varía con los momentos o períodos de muestreo. Lo que sugiere que es necesario realizar varios muestreos durante el período experimental, los cuales deben ser en la época de sequía. La prueba de Duncan (cuadro 6) indica que en la frecuencia F₃ se obtuvo el mayor contenido de prolina; además, la F₂ es mayor y diferente estadísticamente a F₁. En el cuadro 7, se observa que el tercer muestreo presenta el mayor valor de prolina y es diferente estadísticamente a los otros dos; igualmente el segundo es mayor y diferente estadísticamente al primero. Es de esperarse esta situación debido al crecimiento de la planta, la cual exigirá mayor cantidad de agua a medida que se avanza en el tiempo, influyendo ésto en el agotamiento del suelo.

CONCLUSIONES

1. Estadísticamente no existen diferencias entre patrones en el contenido de prolina, sin embargo se observó una tendencia del patrón 'Carrizo' a poseer una mayor capacidad de resistencia al déficit hídrico.
2. Se detectó que el patrón 'Volkameriano' tiene una alta capacidad de extracción de humedad del suelo, haciéndolo más vulnerable a la sequía.
3. A fin de no caer en niveles de tensiones de humedad críticos en el suelo, se sugiere que los patrones 'Cleopatra' y 'Carrizo' puedan ser regados con una frecuencia que no exceda los 10 días; mientras que el 'Volkameriano' se debe regar a los 5 días.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los Técnicos Asociados a la Investigación Luis RANGEL, Gerardo MEDINA y Maximiliano ESPINOZA, su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BATES (L.S.), WALDREN (R.P.) and TEARE (I.D.). 1973.
Rapid determination of free proline for water-stress studies.
Plant and Soil, (39), 205-207.
2. BLUM (A.) and EBERCON (A.). 1976.
Genotypic responses in sorghum to drought stress.
III.- Free proline accumulation and drought resistance.
Crop. Sc., May-Jun. 16, 428-431.
3. CHEN (D.) and KESSLER (B.). 1984.
Studies on water regime and nitrogen metabolism of Citrus seedling grown under water stress.
Plant Physiol., 39 (3), 379-386.
4. CHIRINOS (A.) y GONZALEZ (R.). 1975.
Análisis de suelo con fines de fertilidad.
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 56 p.
5. EWEL (J.) y MADRIZ (A.). 1968.
Zonas de vida de Venezuela.
M.A.C. Dirección de Investigación, 264 p.
6. GORING (H.). 1978.
Proline accumulation under conditions of stress and deficiency of mineral nutrients.
Humboldt University of Berlin, Section of Biology, Department of Plant Physiology, DDR-104, Berlin Invalidenstrasse 42, GDR., 103-107.
7. GRASSI (C.). 1976.
Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseños de proyectos.
CIDIAT, Mérida, 96 p.
8. HUBAC, (C.) et VIEIRA DA SILVA (J.). 1980.
Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques.
Physiology Veg., 18 (1), 45-53.
9. MONTEVERDE (E.). 1982.
La tristeza de los cítricos en Venezuela, sugerencia para su control.
Rev. FONAIAP DIVULGA, 1 (6), 8-11.
10. MORENO (J.) and GARCIA (J.L.). 1984.
Nitrogen accumulation and mobilization in Citrus leaves throughout the annual cycle.
Plant Physiol., 61 (3), 1429-1434.
11. PALFI (G.) and JUHASZ (J.). 1971.
The theoretical basis and practical application of a new method of selection for determining water deficiency in plant.
Plant and Soil, 34, 503-507.
12. PAPADAKIS (J.). 1975.
Clasificación de climas and their potentialities.
Ed. Papadakis, Buenos Aires, 200 p.
13. PULVIS (A.) and YELENOSKY (G.). 1983.
Translocation of carbohydrates and proline in young grapefruit trees at low temperatures.
Plant Physiol., 73 (4), 877-880.
14. SAWAZAKI (H.E.), FEIJAO (J.P.) e D'ARTAGNAN (L.). 1981.
Variacao do teor de prolina, em folhan de feijao em funcao da disponibilidades de agua no solo.
Bragantia, 40 (5), 47-56.
15. SELLER (N.). 1965.
Physical climatology Chicago State University.
Press Chicago, 60 p.
16. TORRES (A.), GARCIA (L.) y DIAZ (R.). 1986.
Influencia de los patrones sobre los pigmentos fotosintéticos, las relaciones hídricas, el contenido de proteínas y prolina libre en las hojas de los árboles cítricos.
Memorias Simp. Int. Citricultura Tropical, vol. II, 109-114.
17. WAGNER (M.), GUEVARA (R.) y PACHECO (H.). 1984.
Evaluación de dos métodos de riego en el sistema de riego.
Suata-Taiguaiquay. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 30 p.

CONCENTRACION DE PROLINA COMO INDICADOR DE DEFICIT HIDRICO EN TRES PATRONES CITRICOS.

G. LABOREM E., M. WAGNER y F. REYES.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, nº 3, p. 259-264.

RESUMEN - El trabajo se realizó en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela, bajo condiciones de riego controlado con plantas de dos años de la variedad 'Valencia', injertados sobre los patrones 'Cleopatra', 'Volkameriano' y 'Carrizo'. Se realizó el trabajo con la finalidad de cuantificar el contenido de prolina, como indicador bioquímico ante los déficit hídricos a los cuales fueron sometidas las plantas. Los riegos fueron suministrados durante la época seca (diciembre-abril) en dos ciclos consecutivos, 1987-1988 y 1988-1989. De los análisis de suelo, foliares y estadísticos, se encontró que la menor acumulación de prolina ocurre cuando es más frecuente el riego. La mayor acumulación del aminoácido se presenta cuando la planta es sometida a un mayor déficit hídrico. Fué demostrada la alta capacidad de extracción de humedad del suelo que posee 'Volkameriano' lo cual lo hace vulnerable a la sequía; mientras que 'Carrizo' presentó la mayor capacidad de resistencia a dicho déficit; 'Cleopatra' acusó alta susceptibilidad como consecuencia de la fatiga producida por la falta de agua. Se sugiere regar a los patrones 'Cleopatra' y 'Carrizo' con una frecuencia que no exceda a los 10 días y 5 días al patrón 'Volkameriano'.

