

TENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MELÓN CANTALOUPE

SOIL MOISTURE TENSION AND NITROGEN FERTILIZATION ON CANTALOUPE MELON

Octavio Pérez-Zamora¹ y María Cigales-Rivero²

¹Programa de Hortalizas. Campo Experimental Tecomán. Apartado Postal 88. Código Postal 28100. Tecomán, Colima. (ctecoman@volcan.ucol.mx). ²Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario. Universidad de Colima. Km. 40. Carretera Colima-Manzanillo. Apartado Postal 188. Código Postal 28100. Tecomán, Colima

RESUMEN

En Colima, México, el melón Cantaloupe (*Cucumis melo* L.) es la principal hortaliza de exportación; sin embargo, en su cultivo la eficiencia de uso de N es baja, además, es sensible a déficits de agua. Durante 1998 y 1999 se realizaron dos experimentos con el objetivo de incrementar el rendimiento y calidad de fruta de exportación de melón, para lo cual se probaron cuatro niveles de N aplicado al suelo (0, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹) y tres tensiones de humedad objetivo (10, 25 y 45 kPa). Los rendimientos fueron 94.88 y 82.87 Mg ha⁻¹ en 1998 y 1999, con un porcentaje de fruta de exportación mayor a 85%; esto contrastó con el rendimiento medio estatal de 27.0 Mg ha⁻¹. El N sólo mostró efecto negativo sobre el tamaño de fruto (categoría 9) a niveles menores de 80 kg N ha⁻¹; no hubo efecto de la interacción N x tensión de humedad del suelo. Se observó efecto lineal de la humedad sobre el rendimiento (producción total de fruta de exportación = -0.892 (H) + 83.55). La tensión estimada para producción cero fue 93.7 kPa; el abatimiento de la producción fue 0.892 Mg ha⁻¹ por cada kPa que decreció la humedad apropiada (10 kPa). La temperatura del suelo mostró efecto sobre el tamaño de la fruta de exportación: a menor temperatura del suelo, mayor cantidad de fruta de calibres 18 y 23; en detrimento de los calibres 9 y 12. Por el contrario, a mayor temperatura se produjo menor cantidad de frutos de los calibres 18 y 23. Esto se asoció con las horas calor acumuladas durante las etapas 1 y 2, emergencia-inicio-floración e inicio-floración-amarre y redado de fruto.

Palabras clave: Melón cantaloupe, calibres de melón, tensión objetivo, horas calor, tensión apropiada, temperatura del suelo.

INTRODUCCIÓN

En México las investigaciones iniciales sobre fertilización de melón Cantaloupe se orientaron a su respuesta a las aplicaciones de N, P y K. En La Laguna, Coahuila, y en el estado de Michoacán se recomiendan aplicaciones de 60 a 120 kg ha⁻¹ de N, de 60 a 80 de P y 0 a 120 de K, aplicándolos en banda al suelo a

ABSTRACT

Cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.) is the main export crop in the State of Colima, Mexico; however, N use efficiency is low and the crop is very sensitive to water stress. During 1998 and 1999 two field experiments were carried out to increase yield and quality of export marketable cantaloupe fruit. Four N levels were applied to the soil (0, 80, 120 and 160 kg N ha⁻¹) combined with three target soil water tension (10, 25 and 45 kPa). The yields were 94.88 and 82.87 Mg ha⁻¹ for 1998 and 1999, with a high proportion (85%) of marketable export fruit. This contrasted with the average yield for the state (27.0 mg ha⁻¹). The nitrogen effect was negative on fruit size (category 9) at levels of 80 kg N ha⁻¹ or lower; no N x soil water tension interactions was observed. Soil water tension had a linear effect on yield total: Cantaloupe melon export yield = -0.892 (H) + 83.55. Soil water tension calculated for zero yield was 93.7 kPa, a decrease of 0.892 Mg ha⁻¹ was observed for each kPa, lowering appropriate (10 kPa) soil water tension. Soil temperature had effect on the size of marketable fruit; the lower the soil temperature, the greater the amount of fruit sizes 18 and 23, causing lower yield of fruit sizes 9 and 12. In contrast, at high soil temperature, production of fruit sizes 18 and 23 was lower. The aforementioned was related to accumulated heat on degree-days for crop stages 1 and 2, emergence-start of flowering, and start of flowering-fruit set and -netting, respectively.

Key words: Cantaloupe melon, size melon, target tension, degree-days, appropriate soil water tension, soil temperature.

INTRODUCTION

Research on Cantaloupe melon in Mexico was originally oriented towards its response to N, P and K addition. In La Laguna, Coahuila and in the State of Michoacan, the recommended amounts of N, P and K to be applied are 60 to 120 kg ha⁻¹, 60 to 80 and 0 to 129 respectively, applying them to the soil in rows, 5 cm from either side and 5 cm below the seed. The most widely used source of N is (NH₄)₂SO₄. Nitric sources are more accepted by farmers in the State of Colima (Orozco *et al.*, 1998). The response of melon to the addition of N

Recibido: Junio, 2000. Aprobado: Octubre, 2001.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 35: 479-488. 2001.

5 cm a cualquier lado y 5 cm por debajo de la semilla; la fuente de nitrógeno más utilizada es $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. En Colima, las fuentes nítricas son más aceptadas por los agricultores (Orozco *et al.*, 1998). La respuesta del melón a aplicaciones de N ya ha sido estudiada (Pérez *et al.*, 1995; Zermeño *et al.*, 1999; Zermeño y Pérez, 1999). Los rendimientos óptimos a máximos (45 Mg ha^{-1}) se han obtenido con aplicaciones de $45 \text{ kg de N ha}^{-1}$, complementados con la incorporación de abonos verdes como crotalaria (*Crotalaria intermedia* L.), clitoria (*Clitoria ternatea* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench); mientras que sin abonos verdes se requiere aplicar 400 a $500 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (Pérez, 1994). En Kansas, EE. UU., Singogo *et al.* (1991) reportan rendimientos de melón de 90 Mg ha^{-1} con aplicaciones de 80 kg de N y la incorporación al suelo de 4 a 6 Mg ha^{-1} de abonos verdes como alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.). En California, EE.UU., se reporta el uso de 162 a $267 \text{ kg de N ha}^{-1}$ con una eficiencia de utilización de 5 kg de N por tonelada de fruta producida (WFH, 1975). En Colima, los rendimientos regionales de melón son de 25 a 28 Mg ha^{-1} , con eficiencias de uso de N muy bajas (14 kg por tonelada de fruta producida).

Por otra parte, la respuesta de melón Cantaloupe al riego está bien documentada (Loy y Wells, 1975; Bhella, 1988; Phene y Beale, 1976; Clough *et al.*, 1990), además de que la frecuencia y oportunidad de aplicación del agua influye marcadamente sobre la calidad de la fruta (Bhella y Wilcox, 1986; Bar-Yosef y Sagiv, 1986a y 1986b). Las prácticas de producción modernas involucran optimizar el uso del N y del agua, así como maximizar la producción y minimizar los riesgos de lixiviación de N a los acuíferos subterráneos (Kelly, 1990). Actualmente se tiene gran interés sobre la eficiencia de uso de N y su impacto en la contaminación de mantos acuíferos; por lo que esta investigación se ha orientado a la frecuencia, colocación y fuentes de N, así como al volumen y frecuencia de aplicación del riego. En teoría, la aplicación de N a melón Cantaloupe debería hacerse cuando el cultivo lo demande (Bhella, 1988; Hansen, 1990).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de diversas dosis de N y cantidad de agua sobre el rendimiento y calidad de fruta de melón Cantaloupe, con el fin de maximizar el rendimiento de fruto e incrementar la eficiencia de uso del N.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Tepames, en el estado de Colima, en la región occidental de México ($19^\circ 5.4' \text{ N}$ y $103^\circ 37.5' \text{ O}$; 535 m), en un suelo de la serie Tepames franco arcilloso (textura franco limosa, mineralogía mezclada, isohipertérmico, Argiustoll Típico). Las características de un suelo típico del área se muestran en el Cuadro 1. El

has already been studied (Pérez *et al.*, 1995; Zermeño *et al.*, 1999; Zermeño y Pérez, 1999). The maximum optimal yields (45 Mg ha^{-1}) have been obtained by applying $45 \text{ kg of N ha}^{-1}$, and a green manure complement such as crotalaria (*Crotalaria intermedia* L.), clitoria (*Clitoria ternatea* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench); without the green manure, the required amount of N is 400 to 500 kg ha^{-1} (Pérez, 1994). Melon yield of 90 Mg ha^{-1} has been reported in Kansas by Singogo *et al.* (1991), with applications of 80 kg of N and incorporation of 4 to 6 Mg ha^{-1} of green manure to the soil such as alfalfa (*Medicago sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). WFH (1995) reported in California, U.S.A., the use of 162 to $267 \text{ kg of N ha}^{-1}$ with an efficiency of 5 kg of N per ton of fruit produced. The regional melon yield in Colima is 25 to 28 Mg ha^{-1} , with very low N use efficiency (14 kg per ton of fruit produced).

The response of Cantaloupe melon to irrigation has been previously registered (Loy and Wells, 1975; Bhella, 1988; Phene and Beale, 1976; Clough *et al.*, 1990), in addition, watering frequency and timing have a clear influence on the fruit quality (Bella and Wilcox, 1986; Bar-Yosef and Sagiv, 1986a and 1986b). Modern production practices involve optimization of both N and water usage, in order to prevent their excess, optimize crop production and minimize lixiviation risks of N towards subterranean aquifers (Kelly, 1990). Present interest in the efficient use of N and its contribution to polluting under-soil aquifers has oriented research towards the frequency, the location and the sources of N, in addition to the volume and frequency of water application. The application of N to Cantaloupe melon should, in theory, only happen when demanded by the crop (Bella, 1998; Hansen, 1990).

The objective of this work was to study the influence of various N rates and water applications on the yield and fruit quality of Cantaloupe melon in order to maximize fruit yield and N use efficiency.

MATERIALS AND METHODS

The study took place in Tepames, in the state of Colima, in the western region of Mexico ($19^\circ 5.4' \text{ N}$ and $103^\circ 37.5' \text{ W}$; 535m), in a soil of the Tepames series clay loam (silt loam texture, mixed mineralogy, isohyperthermic, Argiustoll Typic). Table 1 shows the characteristics of a typical soil in the area. The work was done in 1998 and 1999 with the Cantaloupe Ovation Melon hybrid; direct planting was done the first year on the 21st of February; transplanting was carried out on the 2nd of February of the second year. Then the crop was thinned to 0.25 m plant distance in rows 1.8 m wide and beds covered with black plastic and raised by 0.2 m. Six mm of irrigation requirement was applied in both cycles before establishing crops. Daily irrigation was applied in the time between sowing-transplant and flowering in order to maintain the soil moisture tension at a constant 25 kPa,

trabajo se hizo en 1998 y 1999, con el híbrido de melón Cantaloupe Ovation; en el primer año se sembró en forma directa el 21 de febrero, y en el segundo, mediante trasplante el 2 de febrero. Posteriormente se aclareó a una planta cada 0.25 m en hileras de 1.8 m de anchura y camas cubiertas con plástico negro elevadas 0.2 m. Antes del establecimiento del cultivo, en ambos ciclos se aplicó un riego con una lámina de 6 mm. Durante la etapa de siembra-trasplante a floración, se aplicaron riegos diarios para mantener la tensión de humedad del suelo constante a 25 kPa, registrada a las 7:00 horas por 48 tensiómetros a profundidades del suelo de 30 y 60 cm. El sistema de riego fue por goteo, con goteros espaciados a 0.5 m y con un gasto autocompensable de 2.3 L h⁻¹. Los tratamientos de riego se iniciaron en la etapa de floración, en la que la planta incrementa su demanda de agua y se terminaron con la primera cosecha de fruta. La cantidad de agua aplicada se basó en la tensión de humedad objetivo, las lecturas de los tensiómetros, la evapotranspiración de referencia del melón Cantaloupe de acuerdo a su etapa de desarrollo, la capacidad de retención de humedad del suelo y la profundidad radical de la planta (Doorenbos y Pruitt, 1980). Las láminas totales de riego fueron 390, 315 y 279 mm en 1998 y 402, 352 y 310 en 1999 para las tensiones objetivo de 10, 25 y 45 kPa.

Los tratamientos fueron cuatro dosis de N (0, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ aplicados al suelo) como NH₄NO₃, combinados con tres niveles de tensión de humedad del suelo (10, 25 y 45 kPa); en todos los casos se aplicaron 150 y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O, como complemento de fertilización fosfatada y potásica basal. Los tratamientos de fertilización se aplicaron en banda 5 cm a un lado y 2.5 cm debajo de la hilera de siembra, antes de colocar mangueras y cubrir las camas con plástico. Se usó un diseño experimental de bloques divididos (Little y Hills, 1978), donde las parcelas principales fueron las dosis de N con arreglo en cuadro latino 4x4; las subparcelas fueron los niveles de humedad y un mismo nivel de tensión de humedad comprendió todos los tratamientos de N en cada columna; esto es, la columna de la parcela principal se convirtió en bloque dividido, con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental constó de 36 m² (2 hileras de 1.8 m de anchura y 10 m de longitud). Los tratamientos de fertilización nitrogenada se aplicaron, físicamente, a las mismas unidades experimentales en el segundo año de cultivo. Los deshierbes se efectuaron manualmente conforme se requirieron (dos por año). La incidencia de insectos y enfermedades se trató con medidas preventivas de acuerdo con las prácticas del agricultor cooperante; los frutos se voltearon tres veces en cada ciclo de cultivo.

El rendimiento del fruto se evaluó cosechando las dos hileras de 10 m en cada una de las 48 unidades experimentales; los frutos se contaron y se clasificaron en cinco categorías o calibres, que fueron 9, 12, 15, 18 y 23 frutos por cartón de 18 kg para el mercado de exportación. Se obtuvo el peso de los frutos y el rendimiento de cada una de las categorías; también se registró la fruta para el mercado nacional y la de rezaga, esta última sin valor comercial. Esta actividad se realizó diariamente en un periodo no mayor de seis horas para conservar la calidad del fruto, durante los 20 días que duró la cosecha en cada año. Además, se determinó los °Brix en siete cortes en cada año, en frutas de exportación de las categorías 9 y 12 con un refractómetro manual. Debido al alto valor comercial de la fruta se

Cuadro 1. Características físicas y químicas del sitio experimental. Tepames, Colima.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the experimental site. Tepames, Colima.

Profundidad cm	pH	C.E.	Ca	Mg	Na	CIC	MO	Textura [†]
0-18	7.0	1.2	12.9	4.2	0.4	21.0	2.9	Fra
18-36	7.3	1.3	11.6	3.6	0.2	19.0	2.4	Fr
36-74	7.1	1.2	10.0	3.2	0.1	18.0	1.9	Fr
74	7.1	1.8	4.7	1.2	0.3	6.9	1.2	F

[†]Fra = Franco Arcillo Arenoso; Fr = Franco Arcilloso; F = Franco.

registered at 7:00 a.m. by the 48 tensiometers placed at 30 and 60 cm soil depth. A drip irrigation system was used, with emitters, 0.5 m apart with an auto-compensable delivering 2.3 l h⁻¹. Irrigation treatments were started at the flowering stage (when the plants increased their water demand) and ended with the first harvest. The amount of water applied was based on the targeted humidity tension, the tensiometer readings, the reference evapotranspiration for Cantaloupe melon according to its developmental stage, the soil moisture capacity and the plant root system (Doorenbos and Pruitt, 1980). A total of 390, 315, and 279 mm in 1998, and 402, 352, and 310 mm in 1999 of irrigation requirements were applied to maintain soil moisture target tension at 10, 25, and 45 kPa.

Treatments consisted of four N rates (0, 80, 120 and 180 kg ha⁻¹ applied to the soil) in the form NH₄NO₃, in combination with three soil moisture tension levels (10, 25 and 45 kPa). In all cases, 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 100 kg ha⁻¹ K₂O were applied as a complement to phosphate and potassium basal fertilization. The fertilization treatments were applied in rows, 5 cm to the side and 2.5 cm below the seed, before setting the hoses and covering the beds with plastic. The experimental design was split blocks (Little and Hills, 1978) where the main plots were those of N doses in a 4 x 4 Latin square arrangement; sub plots corresponded to the soil moisture levels, and a single humidity level comprised all the N treatments in each column; i.e. the column of the main plot became a divided plot having four repetitions per treatment. Each experimental unit had an area of 36 m² (2 rows of 1.8 m width and 10 m length). The N fertilization treatments were physically applied to the same experimental units during the second year of cultivation. Weeds were removed manually when necessary (2 times per year). Insect and disease incidents were treated with preventive measures according to the cooperating farmer's practices; the fruits were turned over three times per crop cycle.

The fruit yield was determined by harvesting two 10-m rows in each of the 48 experimental units; the fruits were counted and classified in five categories 9, 12, 15, 18 and 23 fruits per 18-kg carton for export. The fruit weight and the yield for each category were registered, and so was the fruit for the national market and lagging fruit (with no commercial value). These activities were carried out daily, during the 20 days of harvest for each year and within a time span, no longer than six hours, in order to conserve the quality of the fruit. In addition, in export fruit of categories 9 and 12, °Brix were determined in seven

eligieron frutos de tamaño representativo (9 y 12) y se tomaron muestras en 7 de los 20 cortes efectuados (se cortó diariamente). Los cortes seleccionados para muestreo fueron el 3, 6, 9, 13, 15, 17 y 19, y la muestra individual consistió de dos frutos por unidad experimental. Las unidades calor, durante el ciclo de cultivo, se calcularon como lo señalan Allen (1976) y Wilson y Barnett (1983). Con los datos registrados se efectuaron análisis de varianza y de regresión múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción total

En la superficie experimental la producción total de fruta en 1998 y 1999 fue 79.52 y 71.43 Mg ha⁻¹. En ambos años, 85% de la fruta cosechada tuvo calidad de exportación, 8% calidad para el mercado nacional y el resto (7%) se clasificó como rezaga. La diferencia en rendimiento entre los dos años se debió a una mayor incidencia de *Fusarium* (13%) en 1999; en 1998 ésta fue muy baja (3%). Los rendimientos reportados en este estudio contrastan marcadamente con el rendimiento medio regional, que fue 27 Mg ha⁻¹ en 1998 y 1999. Estas diferencias se atribuyen principalmente al uso apropiado del agua en los experimentos.

Producción de fruta de exportación

Los rendimientos de melón con calidad de exportación de los calibres 9, 12, 15, 18 y 23 se muestran en el Cuadro 2. Los análisis estadísticos (Cuadro 3) se refieren a estos calibres, ya que el propósito de los agricultores de Colima es producir para exportar.

En ninguno de los dos años hubo incrementos significativos en la producción total de fruta como resultado de la aplicación de N. En 1998 sólo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de N para la fruta en las categorías 9 y 12, y fue de mayor significancia para el calibre 9 ($p < 0.01$) (frutos de 2 kg). En 1999 no hubo efecto ($p > 0.05$) de la aplicación de N (Cuadro 3).

En los dos años del estudio los niveles de humedad de 25 y 45 kPa afectaron negativamente la producción total de fruta y de los calibres 9 y 12; la disminución con respecto al tratamiento de 10 kPa fue de 26 a 30% (Cuadro 2). Las diferencias resultaron significativas ($p < 0.05$) en 1998 y 1999 para esos calibres, pero también se observaron diferencias para el calibre 15, aunque sólo en 1999 tuvo significancia estadística.

La interacción N x humedad no resultó significativa para ninguno de los calibres de fruta (Cuadro 3). La interacción fue significativa en 1998 pero sólo para la producción total; sin embargo, esto es irrelevante, ya que la producción acumulada obtenida en cada uno de los calibres no fue diferente ($p > 0.05$) entre tratamientos.

harvests per year with a manual refractometer; representative fruit sizes (9 and 12) were chosen due to their high commercial value, and samples were taken from 7 out of the 20 harvests (carried out daily). The harvests chosen for sampling were 3, 6, 9, 13, 15, 17 and 19, with individual samples consisting of two fruits per experimental unit. The heat units were calculated as shown by Allen (1976), Wilson and Barnett (1983). Analysis of variance and multiple regression models were carried out with the data.

RESULTS AND DISCUSSION

Total Production

In 1998 and 1999, the experimental surface had a total fruit production of 79.52 and 71.43 Mg ha⁻¹, respectively. For both years, 85% of the fruit was of export quality, 8% had quality adequate for the national market and the remaining 7% was classified as lagging. The yield difference between the two years was related to the higher incidence of *Fusarium*, being 13% in 1999 and only 3% in 1998. The yield obtained in the study showed a strong contrast to the regional mean yield of 27 Mg ha⁻¹ in these years. The differences are probably a result of the proper use of water in the experiments.

Export fruit production

Table 2 shows yields for export quality melon of categories 9, 12, 15, 18 and 23. Statistical analyses in Table 3 refer to these sizes, since farmers in Colima want to produce for export.

The total production in both years showed no significant increase as a result of N application. In 1998 significant differences were observed only in the N treatment of fruit in categories 9 and 12, with a greater significance for size 9 ($p < 0.01$) (2 kg fruit). Table 3 shows that N application had no effect ($p > 0.05$) in 1999.

During the two years of study, humidity levels of 25 and 45 kPa had a negative effect on the total fruit production, and on fruits of size 9 and 12 a decrease of 26 to 30% was observed for 25 and 45 kPa with respect to the 10 kPa treatment (Table 2). The differences for the mentioned sizes were significant ($p < 0.05$) in 1999 and 1998, but differences were also observed for size 15, although these were only statistically significant in 1999.

The N x humidity interaction showed no significance in any of the fruit sizes (Table 3). The interaction was significant for the total yield in 1998; however, this is irrelevant from the practical point of view, since the cumulative production obtained for each category was not different ($p > 0.05$) among treatments.

Based on analyses of variance (Table 3), estimates of the effect of humidity level on the export fruit yield were

Cuadro 2. Producción de melón Cantaloupe de exportación en 1998 y 1999. Tepames, Colima.
Table 2. Production of Cantaloupe melon for export in 1998 and 1999. Tepames, Colima.

Año	Tratamiento		Calibres					Total	
	N (kg ha ⁻¹)	Tensión [†] (KPa)	9	12	15	18	23		
1998	0	10	12.22	29.97	21.57	13.13	3.75	80.65	
		25	10.93	23.62	18.18	13.71	4.36	70.81	
		45	5.98	21.18	18.55	15.74	6.98	68.45	
	80	10	20.48	26.51	16.07	8.47	3.97	75.50	
		25	12.52	19.66	15.62	12.64	4.27	64.72	
		45	12.91	20.09	15.65	12.83	5.11	66.60	
	120	10	19.19	28.86	15.83	8.53	3.54	76.96	
		25	15.61	24.43	14.45	11.26	3.52	69.27	
		45	13.64	20.89	16.53	10.35	4.49	65.91	
	160	10	18.29	26.22	15.92	8.94	4.31	73.69	
		25	15.33	25.59	14.06	10.85	4.07	65.92	
		45	14.33	21.52	17.01	10.06	4.18	67.10	
			DMS _{0.05}	7.54	5.22	4.36	3.84	2.05	7.84
	1999	0	10	2.36	9.50	19.40	23.39	17.46	70.53
			25	0.97	7.76	14.19	19.06	18.81	61.07
45			2.22	6.18	14.58	18.17	15.42	56.02	
80		10	3.34	8.65	20.33	18.75	15.37	66.64	
		25	1.25	4.54	14.46	18.46	18.36	57.07	
		45	1.25	4.65	13.99	17.92	16.33	54.15	
120		10	2.64	6.74	16.32	18.95	15.97	60.58	
		25	1.78	7.48	17.90	18.04	15.89	60.83	
		45	1.29	4.98	15.06	17.44	17.44	55.91	
160		10	2.08	7.04	17.24	20.68	18.13	63.06	
		25	1.85	7.04	15.94	20.50	16.47	61.35	
		45	1.67	4.56	13.97	17.17	16.40	53.56	
			DMS _{0.05}	—	3.01	3.62	4.51	3.82	8.36

[†] Promedio de tensión de humedad del suelo antes del riego.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la producción total de fruta de exportación y por calibres de melón Cantaloupe. Tepames, Colima. 1998 y 1999.

Table 3. Analysis of variance for total export fruit production, considering sizes of Cantaloupe melon. Tepames, Colima, 1998-1999

Ciclo	Fuente de variación	gl	Calibres					Total
			9	12	15	18	23	
1998	Hileras	3	NS [†]	*	NS	NS	NS	NS
	Columnas	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Nitrógeno (N)	3	**	*	NS	NS	NS	NS
	Error a	6						
	Humedad (H)	2	*	***	NS	*	*	*
	NxH	6	NS	NS	NS	NS	NS	*
	Error							
	C.V. (%)			35.5	14.8	17.6	22.9	31.6
1999	Hileras	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Columnas	3	NS	NS	NS	NS	*	NS
	Nitrógeno (N)	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Error a	6						
	Humedad (H)	2	*	*	*	NS	NS	*
	NxH	6	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Error							
	C.V. (%)			66.0	30.7	15.15	16.0	15.3

[†] NS: No significativo; * y ** significativos a 0.05 y 0.01.

Con base en los resultados de los análisis de varianza (Cuadro 3), el efecto del nivel de humedad sobre el rendimiento de fruta de exportación se estimó mediante una serie de ecuaciones lineales simples; por ejemplo, la ecuación para la producción total de fruta es:

$$\text{Producción total de melón de exportación en Mg ha}^{-1} = -0.892 (\text{kPa}) + 83.55; R^2 = 0.82 \quad (1)$$

Similarmente, para las categorías de fruta 9, 12 y 15, que son las más apreciadas, las ecuaciones de regresión son:

$$\text{Producción de melón de exportación calibre 9 en Mg ha}^{-1} = -0.32 (\text{kPa}) + 11.317; R^2 = 0.899 \quad (2)$$

$$\text{Producción de melón de exportación calibre 12 en Mg ha}^{-1} = -0.392 (\text{kPa}) + 22.943; R^2 = 0.848 \quad (3)$$

$$\text{Producción de melón de exportación calibre 15 en Mg ha}^{-1} = -0.276 (\text{kPa}) + 21.894; R^2 = 0.756 \quad (4)$$

Calidad de fruta

La calidad de fruta, además del porcentaje de fruta de exportación con respecto al total, mostró diferencias en °Brix y cantidad relativa de frutos de diferentes calibres. En el caso de °Brix este efecto tuvo la ecuación de regresión siguiente:

$$^{\circ}\text{Brix} (\%) = 9.223 + 0.0049(N) + 0.019(H) + 1.42e^{-6} (N^2) - 1.43e^{-4} (H^2) - 1.55e^{-4} (NH), R^2 = 0.77$$

donde N es la cantidad de N aplicado al suelo y H la tensión de humedad. El porcentaje promedio de los °Brix de los dos años fue superior a 9%. La tendencia fue a disminuir de 10 a 9.2 °Brix al incrementarse el contenido de humedad del suelo; es decir, al aumentar el estrés de humedad a más de 35 kPa, se incrementó el porcentaje de sólidos solubles. Los grados Brix aumentaron de 9.7 a 10.2% al incrementarse la cantidad de N aplicado al suelo de 90 a 150 kg. Los resultados obtenidos en esta investigación contrastaron con los obtenidos por otros autores (Singh y Naik, 1989; Pier y Doerge, 1995), quienes no encontraron efecto del nivel de humedad ni de N sobre la concentración de sólidos solubles en sandía. En el presente estudio el máximo de °Brix para los calibres 12 y 15 se registró con una tensión de humedad del suelo de 20 a 25 kPa, en combinación con aplicaciones de N al suelo de 50 a 100 kg ha⁻¹. Con esta tensión de humedad se tuvieron rendimientos de fruta de exportación de 50 Mg ha⁻¹ de las categorías 9 y 12 (Figura 1).

En la Figura 1 se muestra la superficie de respuesta para los frutos de calibre 9 y 12 en función del N aplicado

calculado usando una serie de ecuaciones lineales simples; por ejemplo, la ecuación para la producción total de fruta es:

$$\text{Total production of export melon in Mg ha}^{-1} = -0.892 (\text{kPa}) + 83.55; R^2 = 0.82 \quad (1)$$

Similarmente, para las más apreciadas frutas (Categorías 9, 12, and 15), the regression equations are:

$$\text{Production of Size 9 export melon in Mg ha}^{-1} = -0.32 (\text{kPa}) + 11.317; R^2 = 0.899 \quad (2)$$

$$\text{Production of Size 12 export melon in Mg ha}^{-1} = -0.392 (\text{kPa}) + 22.943; R^2 = 0.848 \quad (3)$$

$$\text{Production of Size 15 export melon in Mg ha}^{-1} = -0.276 (\text{kPa}) + 21.894; R^2 = 0.756 \quad (4)$$

Fruit quality

In addition to the percentage of export fruit with respect to the total, fruit quality showed differences in °Brix and in the relative quantity of fruits of a certain size. This effect is represented for °Brix by the following regression equation:

$$^{\circ}\text{Brix} (\%) = 9.223 + 0.0049 (N) + 0.019 (H) + 1.42e^{-6} (N^2) - 1.43e^{-4} (H^2) - 1.55e^{-4} (NH), R^2 = 0.77,$$

where N is the amount of N applied to the soil and H is the soil moisture tension. The mean percentage of °Brix was above 9% for both years. The tendency was to decrease from 10 to 9.2 as the soil humidity content augmented, thus when the humidity stress increased above 35 kPa, the percentage of soluble solids increased. The °Brix rose from 9.7 to 10.2% as the amount of N applied to the soil increased from 90 to 150 kg. The results obtained in this research contrast with those obtained by other authors (Singh and Naik, 1989; Pier and Doerge, 1995), which found no effect of humidity or N levels on concentrations of soluble solids in watermelon. The maximum °Brix found in this study for sizes 12 and 15 were registered for levels of soil humidity tension between 20 to 25 kPa, respectively, combined with applications of 50 to 100 kg ha⁻¹ of N. These moisture tension levels yielded 50 Mg ha⁻¹ for export fruit of categories 9 and 12 (Figure 1).

Figure 1 shows the response surface for fruit of sizes 9 and 12 according to applied N and target soil moisture tension. The general tendency is to maximize the yield for these categories by increasing the soil humidity and decreasing the quantity of N. The maximum predicted value for categories 9 and 12 was 51.8 Mg ha⁻¹ at 8 kPa and 50 kg N ha⁻¹. The yield increments were below

y la tensión de humedad objetivo. La tendencia es maximizar el rendimiento de estos calibres al aumentar la humedad del suelo y disminuir la cantidad de N. El máximo valor de predicción para las categorías 9 y 12 en fruta de exportación fue de 51.8 Mg ha⁻¹ para 8 kPa y 50 Kg N ha⁻¹. Los aumentos en rendimiento fueron inferiores con tensiones de humedad altas (suelo más seco). Aparentemente se tuvo un exceso de N dentro de los niveles estudiados. Sin embargo, los resultados de los dos años indican que la producción de melón Cantaloupe se maximizó manteniendo la tensión de humedad del suelo cerca de 10 kPa a 30 cm de profundidad, combinada con aplicaciones de N bajas (menor a 80 kg N ha⁻¹). Los niveles de tensión de humedad fueron más bajos que los 20 kPa reportados por Sammis (1980) para otras hortalizas.

Variaciones entre años

Las diferencias en la temperatura del suelo, lluvia y horas calor entre años pueden contribuir a explicar las variaciones observadas en el rendimiento. Durante los experimentos en ambos años no llovió. Sin embargo, la temperatura (a 30 cm de profundidad) del suelo fue diferente entre los dos años, como se muestra en la Figura 2.

La temperatura promedio del suelo fue 27.5 °C y 25.5 °C en 1998 y 1999. El desarrollo del cultivo fue lento en sus primeras etapas (de siembra a emisión de guías) en 1998, e incluso la emergencia se demoró nueve días, lo que se debió a las bajas temperaturas. Posteriormente, el aumento de la temperatura favoreció el crecimiento de las guías, la expansión de hojas y cobertura de las camas. A los 52 días después de la siembra (dds) la baja en temperatura favoreció el desarrollo de un brote aleatorio de Mildiu *Pseudoperonospora cubensis* (tratamiento 25 kPa y 0 N en la siembra), que se controló. A partir de esa fecha (52 dds) las temperaturas del suelo aumentaron y permanecieron prácticamente constantes. En contraste, en 1999, en la etapa inicial del cultivo se registraron temperaturas altas, las cuales disminuyeron a partir de la fecha de floración y se mantuvieron bajas hasta después del inicio de la cosecha. En ese año también se observaron brotes aleatorios (unas cuantas plantas y sin relación con niveles de N y humedad) de Mildiu que coincidieron con la disminución de la temperatura del suelo. En 1999 se incrementó en 10% la incidencia de *Fusarium* con respecto a 1998.

Otra diferencia entre años fue la acumulación de las unidades calor, que se calcularon como lo señalan Allen (1976) y Wilson y Barnett (1983), y que se muestran en el Cuadro 4.

En el ciclo 1999 el melón acumuló 47.9 unidades calor más que en 1998; sin embargo, las horas calor acumuladas durante las etapas 2 y 3 fueron considerablemente

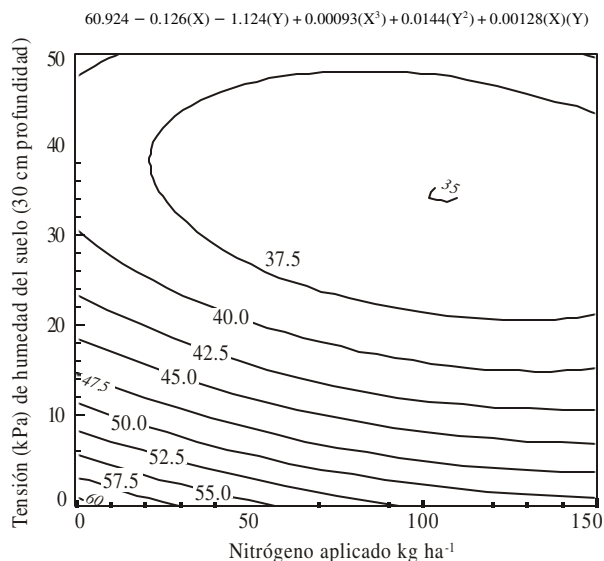


Figura 1. Superficie de respuesta para melón cantaloupe de las categorías 9 y 12. Los contornos de las líneas son en megagramos por hectárea.

Figure 1. Response surface for Cantaloupe melon of categories 9 and 12. The contour lines refer to megagrams per hectare.

normal at high humidity tension (drier soil); there was an apparent excess of N within the studied levels. The results of the two years indicated, however, that the production levels for Cantaloupe melons was maximized by maintaining the humidity tension of the soil near 10 kPa at 30 cm of soil depth, together with low N application levels (<80 kg N ha⁻¹). The humidity tension levels were lower than the 20 kPa reported by Sammis (1980) for other fruits.

Yearly variations

Differences in soil temperature, rain and hours of heat between years may partly explain the observed yield variation. There was no rainfall during this experiment for both years, which is typical for the region. On the other hand, soil temperatures (30 cm depth) were different between the two years as it is shown in Figure 2.

The mean soil temperature was 27.5 °C in 1998 and 25.5 °C in 1999. The crop development was slow during the first stages (from sowing to early vine emission) in 1998, and emergence was delayed by nine days due to low temperatures. After this, the temperature increase favored vine growth, leaf expansion and bed covering. A decrease in temperature, 52 days after sowing (das), favored the development of a single random appearance of Mildew *Pseudoperonospora cubensis* (25 kPa and 0 N treatment), which was controlled. From that date (52 das) onward, soil temperatures ascended to eventually

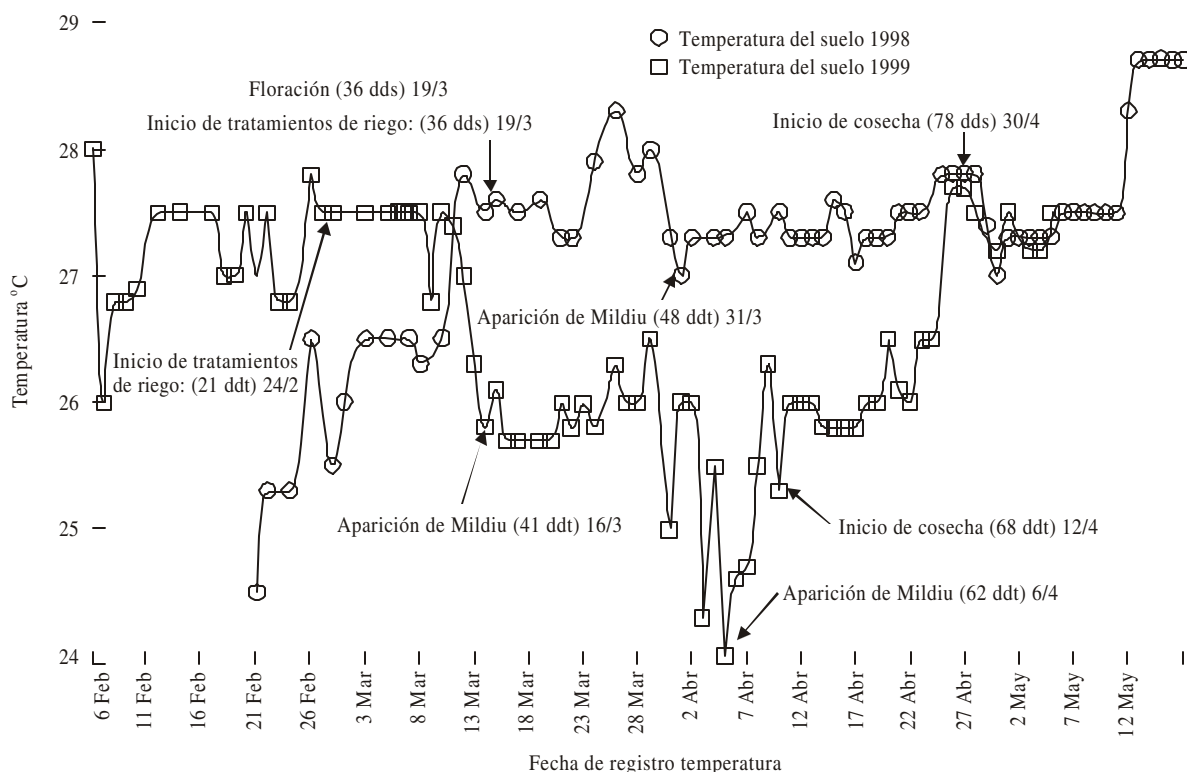


Figura 2. Temperatura (°C) del suelo a 30 cm de profundidad. Las fechas de referencia son en días después de la siembra (dds) para 1998 y en días después del trasplante para 1999. Tepames, Colima.

Figure 2. Soil temperature (°C) at 30 cm depth. The reference dates are days after sowing (das) for 1998 and days after transplant for 1999. Tepames, Colima.

diferentes entre años. De esta manera, en la etapa dos, el cultivo acumuló 134 horas calor más en 1998 que en 1999 y para la etapa tres había acumulado 30.3 unidades calor más en 1998 que en 1999. Las plantas e invertebrados, incluyendo insectos y nematodos, requieren una cierta cantidad de temperatura para desarrollarse; en este caso, el melón en la etapa de floración a maduración requiere una cantidad de calor que no se ha determinado en el estado de Colima. La suma de unidades calor para las etapas 2 y 3 fue 705 en 1998, mientras que en 1999 fue 552. Sin embargo, la cantidad de unidades calor acumulada en la etapa tres fue 874.6 y 843.7 en 1998 y 1999; esto es, resultaron similares en ambos años, lo cual corroboró que

reach a constant value. In contrast, the initial crop stage in 1999 registered high temperatures that decreased once the flowering began and remained low even after the beginning of the harvest. Random appearance (a few plants with no relation to N levels and soil moisture) of Mildew was also observed this year and coincided with the soil temperature decrease. It was observed that the number of *Fusarium* incidents increased 10% in 1999 compared to 1998.

Another difference observed between the two years was the accumulation of heat units, calculated using the methodology of Allen (1976), Wilson and Barnett (1983) shown in Table 4.

Cuadro 4. Unidades calor registradas para el cultivo de melón Cantaloupe, con temperatura base de 13.0 °C.
Table 4. Heat units registered for the Cantaloupe melon crop, with a base temperature of 13 °C.

Etapa de crecimiento	Temperatura promedio °C		Unidades calor	
	1998	1999	1998	1999
1. Emergencia-inicio de floración.	21.9	26.9	168.8	291.1
2. Inicio de floración-amarre de fruto.	24.9	25.7	336.8	202.6
3. Amarre de fruto-redado-maduración.	26.1	24.3	369.0	350.0
4. Maduración-cosecha.	26.9	27.5	195.8	274.6
Unidades calor totales acumuladas			1070.4	1118.3

la cantidad de calor requerida para completar la etapa de desarrollo de madurez no varió entre años. En consecuencia, debido a las variaciones climáticas anuales, las fechas calendario no son buenos indicadores para tomar decisiones de manejo de nutrición y uso de agua. En estas circunstancias las unidades calor acumuladas para cada etapa fenológica proveen una escala fisiológica más apropiada para explicar el comportamiento en la acumulación de materia producida entre 1998 y 1999.

Los rendimientos variaron estadísticamente (Cuadro 5) entre años, así como también variaron la temperatura del suelo y la acumulación de horas calor. Estas variaciones en rendimiento se manifestaron en la cantidad de frutos de cada uno de los calibres (Cuadro 6). En 1998 se obtuvo 7.99 y 3.75 veces más frutos que en 1999 para los calibres 9 y 12. Lo opuesto se observó para los calibres 18 y 23. Para frutos de calibre 15 se registró equilibrio entre años.

No hay evidencia sobre una posible relación del rendimiento con la temperatura del suelo y la acumulación de horas calor del cultivo. Sin embargo, es claro que existieron diferencias en calidad y cantidad de frutos de los calibres 9 y 12 entre años.

CONCLUSIONES

El agua aplicada tuvo efecto sobre la producción total de fruta de exportación; pero no la aplicación de N ni la interacción agua x N. La interacción agua x N tuvo efecto sobre la calidad de fruta, y los análisis de regresión indicaron una tendencia de incremento de °Brix al aumentar el N aplicado y al disminuir la humedad. Los niveles óptimos de tensión de humedad (promedio) están por debajo de tensiones de humedad de 10 kPa a 30 cm de profundidad del suelo. El tamaño de fruto de calibres 9 y 12 de melón fue afectado por la

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para rendimiento total de melón Cantaloupe de exportación, 1998 y 1999. Tepames, Colima.

Table 5. Combined analysis of variance for total yield of export Cantaloupe melon, 1998 and 1999. Tepames, Colima.

Fuente	gl	C.M.	p [†]
Bloques	3	15.62	0.85 ns
Años (A)	1	2173.68	0.000 **
Nitrógeno (N)	3	65.60	0.37 ns
Humedad (H)	2	885.347	0.000 **
A x N x H	6	15.62	0.95 ns
Error	63	62.48 [†]	

[†] NS: no significativo, * y ** significativo a 0.05 y 0.01.

During the 1999 cycle, melon accumulated 47.9 more heat units than in 1998; however, the accumulated heat units during stages 2 and 3 were considerably different between years. Hence, in 1998, the crop accumulated 134 more heat units than in 1999 for stage 2, and 30.3 more heat units for stage 3. Plants and invertebrates, including insects and nematodes require a certain amount of heat to develop; the amount of heat required from flowering to maturity of fruit has not been determined for melon plants in Colima. The sum of the heat units for stages 2 and 3 was 705 in 1998 and 552 in 1999. On the other hand, the quantity of heat units accumulated during stage 3 were similar for both years (874.6 in 1998 and 843.7 in 1999), corroborating that the required amount of heat to complete the stage of development of maturity did not vary between the two years. Consequently, due to annual climatic variation, calendar dates are not good indicators for taking decisions about nutrition management and water use. In these circumstances, the accumulated heat units for each phenologic stage, provide a more appropriate physiological scale to explain the behavior in the accumulation of matter produced between 1998 and 1999.

Cuadro 6. Relación entre el número de frutos de melón Cantaloupe obtenidos en 1998 y en 1999.

Table 6. Relationship between number of melons fruits obtained in 1998 and 1999.

Tratamiento		Calibres					Total
N (kg ha ⁻¹)	Tensión [†] (kPa)	9	12	15	18	23	
0	10	5.38	3.08	1.11	0.56	0.21	0.89
	25	4.04	3.09	1.27	0.72	0.25	0.92
	45	2.69	3.37	1.35	0.86	0.42	1.03
80	10	6.08	3.11	0.82	0.48	0.25	0.89
	25	9.67	4.32	1.07	0.71	0.24	0.88
	45	9.00	4.39	1.13	0.76	0.31	1.19
120	10	7.26	4.44	0.92	0.44	0.22	0.93
	25	8.90	3.29	0.79	0.62	0.23	0.88
	45	10.56	4.13	1.09	0.60	0.25	0.89
160	10	9.29	3.79	0.89	0.44	0.22	0.85
	25	8.11	3.21	0.82	0.54	0.22	0.82
	45	8.41	4.80	1.21	0.57	0.26	0.95
	Promedio	7.99	3.75	1.04	0.61	0.26	0.93

interacción entre temperatura del suelo y acumulación de horas calor.

LITERATURA CITADA

- Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method for calculating Degree-Days. *Environmental Entomology* 5(3): 388-396.
- Bar-Yosef, B., and B. Sagiv. 1986a. Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system. I Nitrogen. *Agron. J.* 74: 633-637.
- Bar-Yosef, B., and B. Sagiv. 1986b. Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system. II Water. *Agron. J.* 74: 637-639.
- Bhella, H. S. 1988. Effect of trickle irrigation and black mulch on growth, yield and mineral composition of watermelon. *HortScience* 23(1): 123-125.
- Bhella, H. S., and G. E. Wilcox. 1986. Yield and comparison of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. *HortScience* 21: 86-86.
- Clough, G. H., S. J. Locascio, and S. M. Olson. 1990. Yield successively cropped polyethylene-mulched vegetables as affected by irrigation method and fertilization management. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115: 884-887.
- Doorenbos, J., y W. Pruit. 1980. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO No. 24: Riego y Drenaje. Roma. 184 p.
- Hansen, A. A. 1990. Practical Handbook of Agricultural Science. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 601 p.
- Kelly, W. C. 1990. Minimal use for synthetic fertilizers in vegetable production. *HortScience* 25: 168-169.
- Little, T. M., and F. J. Hills. 1978. Agricultural Experimentation. John Wiley and Sons. New York, New York. 350 p.
- Loy, J. B., and O. S. Wells. 1975. Response of hybrid muskmelons to polyethylene row covers and black polyethylene mulch. *Scientia Hort.* 3:223-230.
- Orozco S. M., J. Farias., O. López, and O. Pérez Z. 1998. Effect of four colored plastic mulches on insect populations and yield of cantaloupe in a dry tropical region. *In: Proceedings 27th National Agricultural Plastic Congress.* Taber H. G. (ed.). American Society of Plasticulture. The University of Arizona. pp: 204-209.
- Pérez Z., O. 1994. Green manure use for muskmelon production in Colima, Mexico. *In: Symposium Fertilizer Technology: Its Efficient Use for Crop Production.* Trans 15 th. World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico. 5b: 420-421.
- Pérez Z., O., O. López y M. Orozco. 1995. Efecto de la incorporación de abonos verdes en la producción de melón en Colima. *Terra* 13 (3): 360-367.
- Phene, C. J., and O. W. Beale. 1976. High-frequency irrigation for water and nutrient management in the humid regions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 430-436.
- Pier, J. W., and T. W. Doerge. 1995. Nitrogen and water interactions in trickled-irrigated watermelon. *Soil Sci. Am. J.* 59: 145-150.
- Sammis, T. W. 1980. Comparison of sprinkler, trickle subsurface and furrow irrigation methods for row crops. *Agron. J.* 72: 701-704.
- Singh, R. V., and L. B. Naik. 1989. Response of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb) Monf.) to plant density, nitrogen and phosphorus fertilization. *Indian J. Hortic.* 46(1): 80-83.

Yields varied statistically (Table 5) between years, as well as the soil temperature and the accumulation of heat units. This yield variation was visible in the number of fruits for each of the categories (Table 6). In 1998, the respective amounts of size 9 and 12 fruits were 7.99 and 3.75 times larger than in 1999. The opposite was observed for sizes 18 and 23. An equilibrium was registered for fruits of size 15.

There is no evidence of a relation between crop yield and soil temperature and the accumulation of heat units. However, evident differences in fruit quality and quantity of sizes 9 and 12 between years are a subject of further study.

CONCLUSIONS

The amount of water applied had an effect on the total production of export fruit; whereas addition of N and the water x N interaction did not. Water x N interaction had an effect on fruit quality, and the regression analysis indicated that °Brix tended to increase as applied N incremented and moisture was reduced. Optimum levels of moisture tension (on average) are below the humidity tensions of 10 kPa at 30 cm soil depth. Fruit size of melons of categories 9 and 12 was affected by the interaction of soil temperature and accumulated heat units.

—End of the English version—



- Singogo, W. W., W. L. Lamont., and Ch. W. Marr. 1991. Legumes alone and combination with manure and fertilizers in an intensive muskmelon production system. *HortScience* 26 (1): 1431.
- WFH. 1975. Western Fertilizers Handbook. California Association. 2222 Watt Avenue. Sacramento, California. 250 p.
- Wilson, L. T., and W. W. Barnett. 1983. Degree-Days: An aid in crop and pest management. *California Agriculture* 37: 4-7.
- Zermeño, G., V. Orozco, F. Ibarra, R. Rodríguez y J. Pérez. 1999. Resultados de fertilización para productores meloneros de la Comarca Lagunera. VIII. Notas Científicas. Congreso de Horticultura. Manzanillo, Col. Mex. 1: 97
- Zermeño, G., y J. Pérez. 1999. Fertilización foliar en el cultivo de melón. Notas Científicas. VIII. Congreso de Horticultura. Manzanillo, Col. Mex. 1: 229.