

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**“EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE NITROGENO Y TRES
NIVELES DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE CHILE VERDE
(*Capsicum annuum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEOS
SUBSUPERFICIAL”**

TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS

FRANCISCO PACHECO AYALA

OCTUBRE DE 2009

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**“EVALUACION DE CUATRO DOSIS DE NITROGENO Y TRES
NIVELES DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE CHILE VERDE
(*Capsicum annuum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEOS
SUBSUPERFICIAL”**

T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS

FRANCISCO PACHECO AYALA

OCTUBRE DE 2009

**EVALUACION DE CUATRO DOSIS DE NITROGENO Y TRES NIVELES DE
HUMEDAD EN EL CULTIVO DE CHILE VERDE (*Capiscum annuum* L.) BAJO
RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL**

**Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería**

de la

Universidad de Sonora

Por

Francisco Pacheco Ayala

**Como requisito para obtener
el grado de Maestro en Ciencias de Horticultura**

Octubre de 2009

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:



DR. JULIO RODRIGUEZ CASAS

ASESOR:



DR. MARCO ANTONIO HUEZ LOPEZ

ASESOR:



DR. JESUS LOPEZ ELIAS

SUPLENTE:



M.S. SERGIO GARZA ORTEGA

DEDICATORIA

A mi esposa: Ana Patricia Castillo Acuña.

Por su compañía y su gran apoyo.

A mis hijos: Francisco y Luis Fernando.

Porque son la inspiración y el motivo para superarme cada día mas.

A mis padres: Francisco Pacheco Valenzuela.

Brígida Ayala Rabago.

Por sus ejemplos y el apoyo que siempre me brindaron, con el cual logre terminar mi carrera profesional, siendo para mí la mejor herencia.

A mis hermanas: Gud Bertha, Luz Esther, Ma. Jesús, Guadalupe, Macarena, Margarita,

Concepción y Ma. de los Ángeles.

A mis hermanos: Arturo, Rubén, Fernando, Isidro, Teodoro y Manuel.

Por el cariño que nos une.

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por permitirme lograr mis objetivos, por la salud y la vida.

Al Dr. Marco Antonio Huez López.

Por su gran apoyo y ayuda en la conclusión de este trabajo.

Al Ing. Juan Manuel Guzmán Ortiz.

Por su intervención técnica, su amistad y apoyo moral.

Al M.C. David Rene Fernández.

Por su gran experiencia.

Al Ing. Omar González.

Por su gran ayuda y apoyo.

A todos los maestros que intervinieron en mi formación académica.

Por transmitirme sus conocimientos.

Al departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

A todos los trabajadores que me ayudaron en diferentes labores.

CONTENIDO

	Pág.
CARTA DE APROBACION.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
CONTENIDO.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
MATERIALES Y METODOS.....	8
Tratamientos.....	8
Establecimiento del sistema de riego.....	8
Aplicación de Nitrógeno.....	10
Manejo agronómico.....	11
Muestreo de savia y clorofila.....	12
Cosecha y clasificación.....	13
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSION.....	15
Longitud de fruto.....	15
Diámetro de fruto.....	16
Peso individual de fruto.....	16
Número de frutos.....	17
Rendimiento.....	18
Clorofila.....	20
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26

INDICE DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1.	Programa de aplicación de Nitrógeno (kg/tratamiento) en chile verde. Campo Experimental DAG-Unison, ciclo V-O 2004	11
Cuadro 2.	Calendarización de las aplicaciones de agroquímicos en chile verde. Campo Experimental DAG-Unison, ciclo V-O 2004	13
Cuadro 3.	Efectos de los tratamientos de riego y de la dosis de N en la longitud (cm) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov., 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004	15
Cuadro 4.	Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el diámetro (cm) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov., 20 de Nov. y 02 de Dic., 2004.....	16
Cuadro 5.	Efectos de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el peso por fruto (g) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004	17
Cuadro 6.	Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el número de frutos de chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004.....	18
Cuadro 7.	Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el rendimiento de chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004.....	20
Cuadro 8.	Efecto del tratamiento de riego y de la dosis de N en el contenido medio de clorofila valores del SPAD-502) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en dos fechas.....	21
Cuadro 9.	Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el contenido medio de N-NO ₃ (método del ácido fenoldisulfónico) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en dos fechas, 13 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004	22
Cuadro 10.	Efecto del tratamiento de riego en el contenido medio de N-NO ₃ (valores de Cardy Nitrate) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en dos fechas, 14 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004	23
Cuadro 11.	Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de nitrógeno en el contenido medio de Potasio (valores del Cardy Potassium) en chile verde (<i>Capsicum annuum</i> L.) "Sahuaro" en dos fechas, 14 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004	24

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Producción mundial de chile FAOSTAT, 2006.....	4
Figura 2. Distribución de los tratamientos, tensiómetros eléctricos y manuales para el cultivo de chile verde. D.A.G.-Unison ciclo V-O 2004.....	9
Figura 3. Relación entre los valores del SPAD-502 (y) y la concentración de nitrógeno en las hojas (x) determinado en el laboratorio	23

RESUMEN

El cultivo de chile es de gran importancia en México. La obtención de rendimientos óptimos y de calidad requiere de un manejo integrado del riego y de la fertilización. El riego por goteo ofrece la ventaja de aplicar exactamente tanto el agua como el fertilizante con una alta eficiencia, alcanzando potencialmente altos rendimientos y reducidas aplicaciones de agua y fertilizantes. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de tres niveles de humedad y cuatro dosis de N en el rendimiento y calidad de chile verde (*Capsicum annuum* L.) híbrido Sahuaro bajo riego por goteo, y además estimar la relación entre los contenidos de clorofila y de nitratos determinados en el laboratorio. Esta investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad de Sonora y se probaron tres tratamientos de riego y cuatro dosis de fertilización nitrogenada bajo un diseño de bloques completamente al azar. Se observó que no hubo diferencias en la longitud de fruto entre los tratamientos de riego y de fertilización. Sin embargo, el diámetro y peso individual de fruto variaron significativamente por ambos efectos de riego y fertilización en el primer corte y por efecto de la fertilización en el segundo corte. Se presentó un efecto significativo tanto para el riego como para la fertilización para el número de frutos. Este decreció en los tratamientos secos y mostró una tendencia cuadrática al efecto de la fertilización. El rendimiento en el primer corte fue significativamente mayor para el tratamiento más húmedo. Sin embargo, para el siguiente corte no hubo diferencias significativas al efecto de riego. En cuanto al efecto de la fertilización, puede observarse que los incrementos en la dosis de fertilización aumentaron los rendimientos de frutos de chile verde aunque entre ellos no difirieron significativamente. Por otra parte, se presentó un efecto significativo en el contenido de clorofila con respecto a los tratamientos de riego y a las dosis de N encontrándose un coeficiente de correlación muy bajo (0.1245) pero significativo con el contenido de nitratos determinados en el laboratorio.

Palabras claves: rendimiento de fruto, clorofila, nitratos.

ABSTRACT

Chile pepper is of great importance in Mexico. The optimal quality and yields require of an integrated management of irrigation and fertilization. Drip irrigation offers the advantageous to apply both water and fertilizer exactly with a high efficiency, reaching potentially high yields ad decreased applications of water and fertilizers. The objectives of this study were to evaluate the effect of three irrigation treatments and four N doses on yield and quality of green chile pepper (*Capsicum annuum* L.) Sahuaro hybrid under drip irrigation, and also to estimate the relationship between chlorophyll content and nitrates determinate in the laboratory. This investigation was carried out in the experimental field of the University of Sonora and three irrigation treatments and four N fertilization treatments were tested under an randomly completely block experimental design. No differences in the fruit length were observed between the irrigation and fertilization treatments. However, the diameter and individual weight fruit varied significantly for both irrigations and fertilization effects in the first harvest, and only affected by fertilization in the second harvest. There was a significant effect on the fruit number due to both irrigation and fertilization treatments. This decreased in the dry treatment and showed a quadratic tendency to fertilization. The yield in the first harvest was significantly highest for the wet treatment. However, in the next harvest there were not differences to irrigation. It can be observed that the increase in fertilization doses increased the chile pepper fruits although there were no differences between them. Respect to the chlorophyll content, there was a significant effect to irrigation and N fertilization treatments which showed a small correlation coefficient (0.1245) but significant with the nitrates content determined on the laboratory.

Key words: fruit yield, chlorophyll, nitrates.

INTRODUCCION

En México, el chile verde (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial para mercado nacional y de exportación. Sin embargo, para producir el máximo rendimiento y alta calidad, es esencial un adecuado abastecimiento de agua y nutrientes a través de todo el ciclo del cultivo. El desarrollo vegetal es reducido por el estrés hídrico, y la respuesta del rendimiento al riego puede alcanzar hasta un 200% (Locascio y Myers, 1974). Además del riego, el requerimiento de nutrientes como el N depende de la etapa de desarrollo de la planta, pudiendo ser mínimo en las primeras etapas y alcanzando un máximo durante el crecimiento del fruto y declinando su requerimiento en las etapas finales (Baez *et al.*, 2001).

El cultivo de chile es considerado sensible o muy sensible al estrés hídrico (Smittle *et al.*, 1994) ya sea provocado por un exceso o déficit de agua. Junto con el uso de nitrógeno, el riego es el principal factor limitante del crecimiento y desarrollo del cultivo y del rendimiento, ya que la planta de chile tiene un ciclo de desarrollo muy largo y desarrolla una intensa parte aérea y un escaso y superficial sistema radicular (Moreno *et al.*, 2003). Con el desarrollo de mejores prácticas de manejo de cultivos hortícolas, la producción de rendimientos óptimos y de calidad requiere de un manejo integrado del riego y de la fertilización.

El riego por goteo ofrece la ventaja de aplicar exactamente tanto el agua como el fertilizante con una alta eficiencia, alcanzando potencialmente altos rendimientos y reducidas aplicaciones de agua y fertilizantes (Hansen *et al.*, 2000). La fertirrigación o la quimigación término que se utiliza para describir la adición o inyección de productos químicos (insecticidas, fertilizantes, etc) a través de los sistemas de riego, con el propósito de distribuirlos con el agua de riego para regar un área determinada. El fertirriego es la forma más común de aplicar fertilizantes a través del agua de riego (Hartz *et al.*, 1994).

El chile verde requiere baja cantidad de N en las etapas de desarrollo vegetativo e inicio de la floración (Hartz *et al.*, 1993; Hartz *et al.*, 1994; Castellanos, 1997). Después,

los requerimientos de N se incrementan hasta alcanzar su absorción máxima durante el crecimiento del fruto y después esta empieza a declinar (Stroehlein y Oebker, 1979; Chávez *et al.*, 2000).

Uno de los métodos usados para indicar, en forma relativa, si en el suelo existe suficiente humedad disponible para el crecimiento de las plantas es el tensiómetro. Este es un instrumento que indica la tensión con que el agua está adherida a las partículas del suelo. En la práctica, el tensiómetro mide los rangos de humedad de suelo (expresados en fluctuaciones de tensión de la humedad) bajo las cuales las raíces de las plantas absorben activamente el agua (Goyal *et al.*, 2007). La tensión de humedad del suelo es usada como una guía para programar el riego.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de tres niveles de humedad y cuatro dosis de N en el rendimiento y calidad de chile verde (*Capsicum annuum* L.) híbrido Sahuaro bajo riego por goteo, y además la relación entre los contenidos de clorofila y de nitratos determinados en el laboratorio.

LITERATURA REVISADA

El chile (*Capsicum* spp.), es un condimento importante de alto valor comercial y también de valor medicinal ya que contiene propiedades antioxidantes, anti-cancerosos y muchas otras propiedades. Ocupa un lugar importante en la cultura humana desde la prehistoria en muchos países (Maiti *et al.*, 2007). La planta de chile (*Capsicum annuum* L.) es un miembro de la familia solanácea, la cual incluye al tomate, berenjena y papa (Rix y Phillips, 1993). La especie *Capsicum* es sembrada a nivel mundial para consumo de frutos en fresco y para condimentos. El genero *Capsicum* consiste de aproximadamente 22 especies silvestres y cinco especies cultivadas; *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, y *C. pubescens* (Bosland, 1994). Dentro de las cinco especies cultivadas, *Capsicum annuum* L. es la más ampliamente conocida y la de mayor importancia económica (Pickersgill, 1969). El centro de origen y/o domesticación de *C. annuum* es Mesoamérica, principalmente México y Guatemala (Pickersgill, 1971).

La planta de chile consta de una raíz axomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces laterales, puede profundizar hasta 30-60 cm. El tallo se desarrolla a partir de la plántula del embrión, constituye el soporte de hojas, flores y frutos, interviene en el transporte de sabia bruta y elaborada, contiene hojas simples de forma lanceolada, formadas por el peciolo largo que une a la hoja con el tallo y la parte extendida lamino o limbo. Las flores son hermafroditas, esto es, la misma flor produce gametos masculinos y femeninos, aparecen solitarias en cada nudo, están constituidas por un receptáculo y apéndices florales que forman las partes de la flor que son el cáliz constituido por 5-8 sépalos, corola por 5-8 pétalos, carpelos, todas las flores con de color blanco (Nuez *et al.*, 1996).

Los frutos de chile son considerados hortalizas, botánicamente son bayas. Los tipos de chile son usualmente clasificados por las características del fruto, como su pungencia, color, forma, sabor, tamaño y su uso (Smith *et al.*, 1987; Bosland, 1992).

La semilla es el órgano que establece el nexo de unión entre generaciones, constituye la base para la obtención de las plántulas que se van a cultivar, es de un color amarillo (Nuez *et al.*, 1996). Las plantas de chile son consideradas como autógamias (Allard, 1960).



Fig. 1 Producción mundial de chile FAOSTAT, 2006

La superficie total cosechada de chile verde en México en el 2007 fue cercano a 142,000 ha con una producción aproximada de 2,250,000 ton y con un rendimiento promedio de 16.0 ton ha⁻¹. En este año, en Sonora se sembraron cerca de 2,000 has (SAGARPA, 2007).

El fruto de chile proporciona enormes beneficios nutricionales y su producción intensiva demanda buenas prácticas de manejo incluyendo el uso de la fertirrigación que ayuda a obtener una producción rentable económicamente. El chile verde requiere baja cantidad de nitrógeno en las etapas de desarrollo vegetativo e inicio de la floración (Hartz *et al.*, 1993; Hartz, 1994; Castellanos, 1997). Después, los requerimientos de nitrógeno se incrementan hasta alcanzar su absorción máxima durante el crecimiento del fruto y después esta empieza a declinar (Stroehlein y Oebker, 1979; Chávez *et al.*, 2000).

El nitrógeno es el nutriente de los cultivos más limitante para la mayoría de los sistemas de producción. Históricamente, la excesiva aplicación de agua y/o fertilizantes ha sido interpretado como “un premio seguro barato” para minimizar el riesgo de reducciones

en el rendimiento asociado con condiciones de producción potencialmente desfavorables (Zotarelli *et al.*, 2007).

El lavado de nitratos como resultado de las prácticas agrícolas es responsable por mucho del daño ambiental causado a los ecosistemas marinos y terrestres, el cual es generalmente atribuido a la excesiva aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Hansen *et al.*, 2000).

En los sistemas modernos de la agricultura bajo riego, especialmente bajo condiciones áridas o semiáridas, el agua y los nutrientes son abastecidos simultáneamente (fertigación), principalmente por dispositivos de riego por goteo (Bar-Yosef, 1999; Hagin *et al.*, 2002). La fertigación permite al productor retardar la decisión final sobre las dosis de N a aplicar, proporcionando así un control más cuidadoso sobre los excesos de fertilizantes (Zhang y Bruulsema, 2006). Dosis óptimas de N para muchos cultivos irrigados con riego por goteo han sido publicadas (Hochmuth, 1992; Hartz, 1994). El riego por goteo y la fertigación con fuentes de fertilizantes líquidos de N ofrecen lo que es probablemente lo último en flexibilidad para el manejo de la fertilización con N. La fertigación puede ser programada tan seguido como el riego, hasta algunas veces por día (Hartz, 1994).

Una estrategia para conseguir rendimientos rentables mientras se evita la contaminación del agua es aplicar solamente las cantidades de nitrógeno que serán usadas por el cultivo. Esto puede ser logrado usando técnicas analíticas que monitoreen los niveles de N y evitando así aplicaciones insuficientes o excesivas de nitrógeno (Bevacqua y Cardenas, 2002). Sin embargo, la rápida y exacta cuantificación de N es normalmente difícil y tardada. Los actuales métodos incluyen técnicas de muestreo destructivas y análisis con sustancias químicas peligrosas (Cataldo *et al.*, 1975).

Mientras que el análisis de nitratos en el tejido de la planta proporciona al productor información acerca del estado actual del N-nitrato, la información puede ser recibida demasiado tarde para ser utilizada. El desarrollo de un método rápido para un análisis *in situ* podría mejorar la aplicación del análisis del tejido de la planta. El productor podría entonces tomar decisiones rápidas sobre los ajustes a los programas de fertigación. Algunos paquetes de análisis de nitratos están disponibles para uso en hortalizas. La meta

es encontrar un sistema que los productores puedan usar en el campo que los ayude a manejar la fertilización nitrogenada (Brust, 2006).

Una medición comúnmente hecha es el contenido de clorofila en la hoja. Este parámetro es fundamental para entender la respuesta de la planta al ambiente en el que se desarrolla. Actualmente, la medición de este parámetro podría proporcionar información acerca de la condición de la planta sin el uso de muestreo destructivo de tejido (Schlemmer *et al.*, 2005).

Un método no destructivo para medir clorofila en la hoja de la planta es el medidor portátil SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (Minolta, 1989). La efectividad del uso del medidor de clorofila SPAD-502 ha sido probada para determinar la concentración de N en cultivos como trigo, maíz, soya y tabaco (Castelli *et al.*, 1996), tomate (Rodríguez *et al.*, 1998), melón (Azia y Stewart, 2001), haba (Habelhamid *et al.*, 2003), maíz (Scharf *et al.*, 2006), chile dulce (Madeira *et al.*, 2003; Madeira y De Varennes, 2005).

Además de los altos requerimientos de nutrientes, en los ambientes agroecológicos donde se produce el chile, el agua es uno de los factores que más limitan su producción. Para poder preservar el agua de riego es necesario usarla de manera eficiente en los sistemas de producción agrícola bajo riego. Los sistemas de riego localizado constituyen una buena alternativa para lograr este objetivo.

Los tensiómetros son dispositivos para medir el grado en que el agua es retenida por el suelo, y son sensibles a los cambios en el contenido de agua y útiles para la programación del riego. La programación del riego es un proceso para determinar cuando irrigar y cuanta agua aplicar (Alam y Rogers, 1997). Los tensiómetros miden la tensión de humedad del suelo, que puede ser relacionada con el contenido de agua del suelo. La tensión de humedad del suelo es medida en centibars (cbars) la cual esta relacionada con la cantidad de agua en el suelo disponible para la planta (Tam, 2005). Adicionalmente, los tensiómetros pueden ser automatizados para controlar las aplicaciones del agua de riego cuando el potencial (tensión) del agua del suelo disminuye a un valor crítico predeterminado (Smajstrla y Harrison, 1998).

Para chile dulce, la frecuencia de riego está basada en una tensión de humedad del suelo máxima que varía desde 10 kPa para suelos arenosos (Hochmuth y Hochmuth, 1994) a 25 kPa en suelos francos (Smittle *et al.*, 1994; Olsen *et al.*, 1993). Típicas frecuencias de riego varían desde diariamente en suelos arenosos de textura gruesa (Hochmuth y Hochmuth, 1994), a dos veces semanalmente en suelos más pesados (Smittle *et al.*, 1994).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Verano Otoño (V-O) de 2004, en el Campo Experimental del Depto. de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (DAG-UNISON) ubicado en el km. 21 sobre la carretera a Bahía de Kino, y su localización es: 29° 00'51" latitud norte, 111° 07'59" longitud oeste; con una altitud de 149 MSNM: el clima: BW(h') hw (e') el cual corresponde a la categoría de muy árido, extremoso y calido; donde se cuenta con suelo de textura franco arenosa a una profundidad de 80 cm y agua considerada como de primera calidad.

Tratamientos

Los factores que se evaluaron fueron: nitrógeno, aplicado en cuatro dosis o niveles, las cantidades fueron: 80, 160, 240 y 320 kg ha⁻¹ y tres niveles de riego o tensiones de humedad del suelo que fueron -15, -25 y -35 kPa.

Estos factores al combinarse dieron un total de 12 tratamientos que se distribuyeron de acuerdo a un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, dando un total de 48 parcelas experimentales, contando además con seis parcelas adicionales que se usaron como testigo, a los cuales no se les aplicó nitrógeno, únicamente los 3 niveles de humedad por duplicado.

La parcela experimental consistió de 3 camas, con una separación entre ellas de 2.0 m y con una longitud de 12 m tomándose los 5 m interiores de la cama central como parcela útil (10 m²) (Figura 1).

Establecimiento del Sistema de Riego.

El sistema de riego se estableció basándonos en la textura del suelo y en la demanda de agua del chile verde y tomando en cuenta los tratamientos de riego.

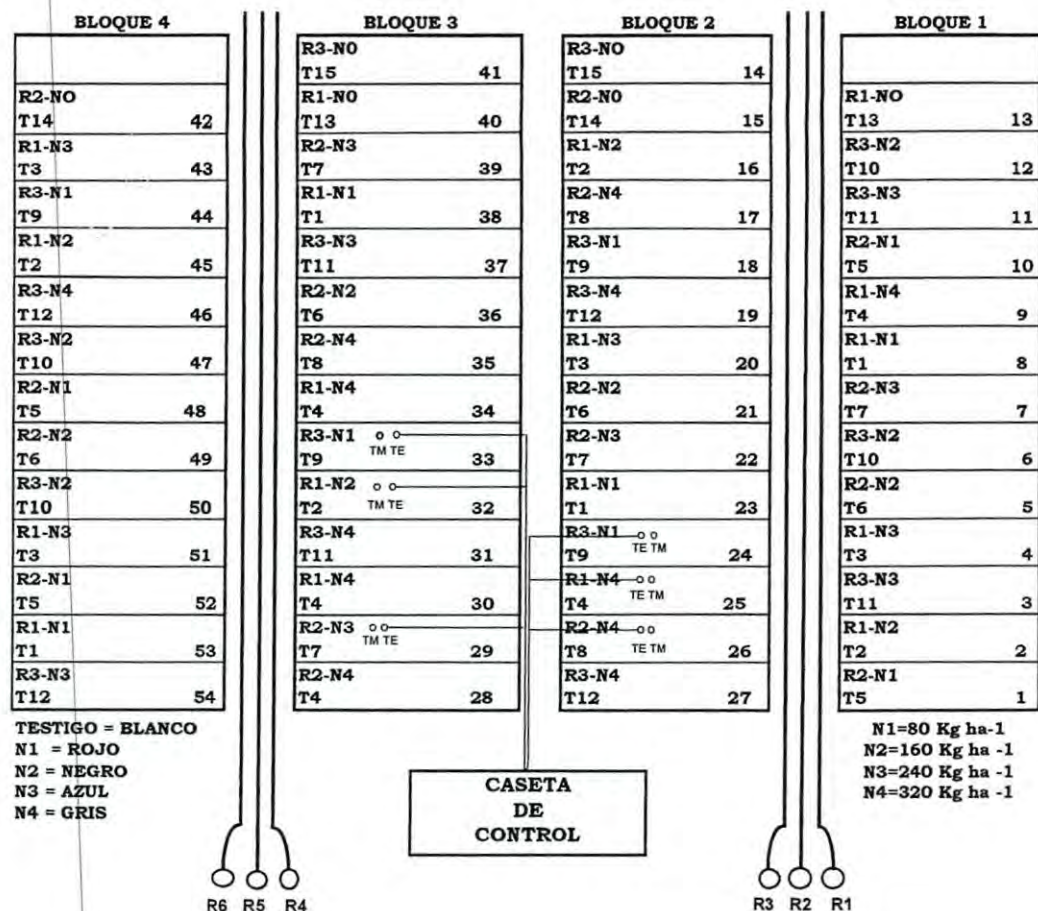


Figura 2. Distribución de los tratamientos, tensiómetros eléctricos y manuales para el cultivo de chile verde. D.A.G.-Unison ciclo V-O 2004.

Para establecer el sistema de riego se instaló una motobomba de 1.0 H.P., además de un cabezal con filtro de mallas de 150 mesh (Amiad Filtration System), un inyector Venturi modelo 584 (Mazzei Inyector Company) y una válvula de desahogo, también se instaló un tanque cisterna al inicio del sistema, el cual está conectado a la pila de abastecimiento manteniéndolo con agua todo el tiempo, evitando con esto que el equipo trabajara en vacío, para no obtener lecturas erróneas de los medidores.

Para el control de riego de cada tratamiento, se instaló un sistema el cual consistió de un regulador de presión (12 psi), una válvula solenoide, un filtro de mallas (150 mesh) y un medidor de gasto. La válvula solenoide estaba conectada a un electrotensiómetro, el cual corresponde a uno de los tratamientos por evaluar en las parcelas, y donde se

registraba la señal eléctrica que se transmitía hasta el panel de control, activando o desactivando el sistema de riego para mantener la tensión de -15, -25 y -35 kPa de acuerdo a cada tratamiento.

La distribución de las mangueras en las parcelas experimentales se hizo de la siguiente forma; se colocaron seis líneas principales de manguera de polietileno (Hardie, Dura-Pol 20 mm), de las cuales tres fueron para los bloques 1 y 2 y tres para los bloques 3 y 4, donde se conectaron los tratamientos correspondientes, con una manguera de polietileno (Hardie, Dura-Pol 16 mm) a las cuales se les colocó una válvula de paso para controlar la aplicación de las diferentes dosis de nitrógeno.

Para el riego se utilizó una cinta (Hardie Tape. EHT151250-400) de 15 milésimas de pulgada de grosor con un gasto por gotero de 1.14 lph, con una separación entre cada gotero de 12 pulgadas (30 cm) diseñada para trabajar a una presión de 10 psi. La cinta de riego fue colocada a una profundidad de 20 cm.

Aplicación de nitrógeno

Las dosis de N aplicadas para cada tratamiento fueron: 80, 160, 240 y 320 kg ha⁻¹, tomándose el primer nivel como deficiente y el último como nivel en exceso. Cada una de las dosis se fraccionó en cuatro aplicaciones de acuerdo a la fonología del cultivo, el 20% en la primera, el 30% en la segunda, el 30% en la tercera y el 20% en la cuarta aplicación.

El fertilizante que se utilizó fue Fosfonitrato, el cual es soluble en agua y contiene 31% de N en forma de nitrato de amonio (NH₄NO₃), se disolvió completamente en agua para introducirse al sistema de riego mediante un inyector Venturi modelo 584 (Mazzei Inyector Corporation)

Cuadro 1. Programa de aplicación de Nitrógeno (kg/tratamiento) en chile verde. Campo Experimental DAG-UniSon, ciclo V-O 2004.

DOSIS	Kg/Ha ⁻¹	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	TOTAL
		20% SEP-15	30% SEP-30	30% OCT-16	20% NOV-08	
N1 =	80	4.46	6.69	6.69	4.46	22.30
N2 =	160	8.92	13.38	13.38	8.92	44.60
N3 =	240	13.38	20.07	20.07	13.38	66.90
N4 =	320	17.84	26.75	26.75	17.84	89.18
TOTAL		44.60	66.89	66.89	44.60	222.98

Manejo agronómico

Las plantas fueron producidas en los invernaderos de Agropecuaria JAM en charolas de poliestireno de 200 cavidades, estas fueron colectadas en el campo Santa Aurelia, de la Costa de Hermosillo, y trasladadas al Campo Experimental del D.A.G. UniSon. Durante este periodo las plantas fueron tratadas con diversos productos químicos para mantenerlas sanas al momento del transplante.

La variedad que se utilizó fue el híbrido Sahuaro, la cual ya es sembrada en forma comercial en la región utilizando 25,000 plantas por hectárea. Se transplantó los días 26 y 27 de agosto. El terreno se preparó con anticipación, dándose un paso de rastra, un barbecho y otro paso de rastra para mullir los terrones. Las camas se establecieron a 2.0 m de separación, a las cuales no se les colocó ningún tipo de acolchado plástico debido al ciclo de cultivo, esto con el fin de evitar deshidratar las plantas y que pudieran llegar a secarse debido a las altas temperaturas.

Se hizo una aplicación general antes del transplante de 1 kg de Fosfonitrato y 1 L de Ac. Fosfórico.

En lo que respecta a plagas y enfermedades, se llevaron a cabo las prácticas de control recomendadas por especialistas de Entomología y Fitopatología del D.A.G. UniSon. Las aplicaciones de productos químicos se muestran en el Cuadro 2. Las plagas que más se presentaron fueron: gusano de cuerno (*Manduca* sp), gusano soldado

(*Stodoptera exigua* (Hubner)), gusano peludo (*Estigmene acrea* (Drury)), gusano bellotero (*Heliothis virescens* (Fabricius)), diabroticas (*Diabrotica balteata* (LeConte)), chapulines (*Melanotus* sp), chicharritas (*Empoasca* sp), y picudos (*Anthonomus eugenii* (Cano)). También se presentó la enfermedad llamada secadera de plántulas (*Pythium* sp). La principal maleza que se presentó en el desarrollo del cultivo fue quelite (*Amarantus palmeri*), la cual se controló con herbicida antes del transplante y después con deshierbes manuales. Las otras malezas que se presentaron fueron correhuella (*Convolvulus arvensis* L.) y zacate salado (*Leptochloa filiformes*).

Durante el desarrollo del cultivo se le colocaron estacas en las cuales se les colocó un hilo ó rafia para evitar que las plantas se acamaran por el viento o por el peso de los frutos, y para que éstos no llegaran a tocar el suelo húmedo, y de este modo no se les presentaran pudriciones en la punta y su calidad se viera afectada.

Muestreo de savia y clorofila

Para llevar a cabo estos análisis se realizaron muestreos de hojas, los días 15 de octubre y 07 de noviembre, tomando las hojas mas jóvenes ya maduras fisiológicamente, con un promedio de 20 hojas por parcela. Se les determinó el contenido de clorofila en el campo, usando el medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co., Ltd. Japan), colocándolo para tomar la lectura entre las nervaduras centrales de la parte media distal de la hoja, después de esto, se llevaron las mismas hojas al laboratorio en bolsas de plástico para posteriormente separar el pecíolo y una parte de estos se utilizó para determinar la concentración de nitratos y potasio, los cuales se exprimieron con un extractor de savia, una parte de esta se colocó en el medidor portátil Cardy Nitrate (Spectrum Technologies Inc.) para su lectura, la otra parte se colocó en el medidor portátil Cardy Potassium (Spectrum Technologies Inc.). La calibración para el Cardy Nitrate como para el Cardy Potassium se realizó de acuerdo al procedimiento indicado en el manual del fabricante. La otra parte de los pecíolos se lavaron con jabón neutro libre de fósforo (Extran) y se pusieron a secar en la estufa a 70°C en bolsas de papel, una vez secas se molieron con malla No. 20 y se les determinó la concentración de nitratos por el método del Ac. fenoldisulfónico en el laboratorio.

Cuadro 2. Calendarización de las aplicaciones de agroquímicos en chile verde, Campo experimental D.A.G. UniSon. Ciclo V-O 2004

FECHA	NOMBRE COMUN	FINALIDAD
Ago 23	Doblete Super Paracuat + Diquat	Combate de maleza de quelite
Ago 26	Raizal y tokat	Prevencion de Domping-0ff y desarrollo de raices
Sep 03	Tokat	Para el control de Pythium spp
Sep 09	Dhitera + Ridomil 12 L de Trichoderma	Control de Nemátodos, Enfermedades y Hongos
Sep 10	Fosofonitrato + Ac. Fosfórico	Para inicio de desarrollo de la planta
Sep 13	Dimetoato	Controlar diabólicas y chapulines
Sep 27	Lepinox	Para controlar gusano del cuerno y minador
Oct 01	Lepinox + Evisect	Para controlar gusano soldado y minador
Oct 09	Lepinox + Evisect	Para controlar gusano soldado y minador
Oct 11	Dolphin Ultra + Evisect	Para controlar gusano soldado, peludo y minador
Nov 06	Regent	Para controlar picudo chicharrita y gusano bellotero
Nov 29	Lepinox + Regent	Para controlar picudo y gusano soldado

Cosecha y clasificación

La cosecha se realizó manualmente, colocando los frutos en bolsas de plástico previamente marcadas para cada uno de los tratamientos en las parcelas. Se realizaron 3 cortes al experimento, el primero fue el 10 de noviembre, el segundo el 20 de noviembre y el tercero el 3 de diciembre. Se aclara que el 30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre las temperaturas estuvieron por debajo de los 0°C, por lo que el tercer corte solamente se

llevó a cabo para cosechar los frutos que no fueron dañados por las bajas temperaturas. Después de esto ya no fue posible seguir con el experimento.

Análisis estadístico

Las variables que se midieron fueron: rendimiento total, número de frutos por planta, tamaño del fruto, diámetro del fruto, frutos comerciales, frutos no comerciales, determinación de clorofila, nitratos y potasio. Todos los datos fueron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA). La prueba de Tukey fue usada para la comparación de medias a un nivel de $p \leq 0.05$. La correlación entre las lecturas del SPAD y el contenido de $N-NO_3$ fue también probada para calcular la regresión y su correspondiente coeficiente de correlación (SAS Inst., 1990).

RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a las bajas temperaturas presentadas antes del tercer corte, solo se realizaron tres cortes de frutos. El primer corte se hizo el 10 de Noviembre, el segundo el 20 de Noviembre y el tercero el 2 de Diciembre del 2004.

Longitud de fruto

El Cuadro 3 presenta la información acerca del efecto de los tratamientos de riego y dosis de N en la longitud de fruto para los tres cortes.

Cuadro 3. Efectos de los tratamientos de riego y de la dosis de N en la longitud (cm) en chile verde (*Capsicum annum* L.) 'Sahuaro' en tres cortes, 10 de Nov., 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004.

Tratamiento		1° Corte	2° Corte	3° Corte	Promedio
Riego, kPa	35	21.111 a	15.850 a	14.255 a	17.083 a
	25	16.228 a	15.833 a	14.322 a	15.450 a
	15	15.844 a	15.600 a	13.827 a	15.083 a
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	15.750 a	14.550 b	13.250 b	14.533 a
	80	15.708 a	15.846 a	14.200 a	15.251 a
	160	15.873 a	15.972 a	14.309 a	15.382 a
	240	15.708 a	15.783 a	14.175 a	15.225 a
	320	15.958 a	16.058 a	14.308 a	15.442 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, p=0.05).

Con excepción del tratamiento control de fertilización, en el segundo y tercer corte, se observa que no hay diferencias en la longitud de fruto entre los tratamientos de riego y de fertilización. Mahajan *et al.*, (2007) encontraron similares resultados en la longitud de frutos de chile bajo riego por goteo y sujeto a dos tratamientos de riego (0.5 Evaporación del tanque y 1.0 Evaporación del tanque) y tres dosis de N (100, 75 y 50% de la dosis de 75 kg N ha⁻¹ recomendada). Sin embargo, Hassan Khan *et al.*, (2005) encontraron resultados contrarios en la longitud de fruto cuando chile bell pepper fue irrigado con 5 diferentes intervalos de riego. La longitud de fruto promedio en nuestro experimento fue de 15.86 cm

entre los tratamientos de riego. Por otra parte, Ertek *et al.*, (2007) obtuvieron un promedio de 12.44 y 13.16 cm de longitud en chile verde irrigados cuando la evaporación del tanque clase A alcanzó 25 y 50 mm, respectivamente. Wierenga (1983) encontró que la longitud de chile verde disminuyó de 14.1cm a 11.8 cm debido al estrés hídrico.

Diámetro de fruto

Variaciones en diámetro de fruto fueron observadas solamente en el primer corte para ambos tratamientos (de riego y fertilización) y en el tercer corte por efecto de la fertilización (Cuadro 4). Sin embargo, el promedio general del diámetro de fruto fue significativo solo en el tratamiento control de fertilización. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Ertek *et al.*, (2007) quienes encontraron que el diámetro de fruto aumentó conforme aumentó la cantidad de agua aplicada. Ghoname y Shafeek (2005) encontraron que, independientemente de la fuente de N y a diferentes dosis, el diámetro de chile no varió significativamente.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el diámetro (cm) en chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en tres cortes, 10 de Nov., 20 de Nov. y 02 de Dic., 2004.

Tratamiento		1° Corte	2° Corte	3° Corte	Promedio
Riego, kPa	35	3.805 b	3.683 a	3.727 a	3.773 a
	25	3.950 a b	3.855 a	3.727 a	3.838 a
	15	4.038 a	3.822 a	3.655 a	3.838 a
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	3.750 b	3.633 a	3.566 b	3.633 b
	80	4.038 a	3.861 a	3.738 a b	3.801 a
	160	3.981 a	3.690 a	3.772 a	3.800 a
	240	3.883 a b	3.783 a	3.683 a b	3.800 a
	320	3.908 a b	3.875 a	3.691 a b	3.833 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, p=0.05).

Peso individual de fruto

La respuesta del peso de fruto en chile verde por efecto del riego y fertilización es presentada en el Cuadro 5. Puede observarse que para el primer corte de frutos, hubo diferencias significativas tanto para el efecto de riego como para el efecto de fertilización.

Para el segundo corte, se presentó diferencias solamente en los tratamientos de fertilización y para el tercero ocurrió lo contrario. En general se puede observar que el peso de fruto fue mayor en los tratamientos con mayor humedad del suelo, por lo que se puede establecer que el cultivo de chile es susceptible a las condiciones de estrés hídrico (Wierenga 1983: Ertek *et al.*, 2007). Della Costa y Gianquinto (2002) reportaron que el continuo estrés hídrico redujo significativamente el peso fresco de fruto de chile, encontrando que los rendimientos comerciales más altos fueron obtenidos irrigados con el 120% de la ET y los más bajos irrigados a 40% de la ET. Por el contrario, Mahajan *et al.*, (2007) no encontraron diferencias significativas en el peso de fruto irrigados a 0.5 y 1.0 de la ET, ni tampoco cuando fueron fertilizados con 50, 75 y 100% de la dosis recomendada de N.

Cuadro 5. Efectos de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el peso por fruto (g) en chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004.

Tratamiento		1° Corte	2° Corte	3° Corte
Riego, kPa	35	55 b	56 a	52 b
	25	58 a b	55 a	57 a
	15	60 a	56 a	58 a
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	52 b	50 b	53 a
	80	57 a b	53 b	57 a
	160	60 a	56 a b	56 a
	240	57 a b	55 a b	55 a
	320	60 a	61 a	56 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

Número de frutos

La respuesta del número de frutos de chile verde con respecto a los tratamientos de riego y fertilización es mostrada en el Cuadro 6. Generalmente los resultados mostraron un efecto significativo debido a los tratamientos de riego en el número de frutos en cada corte, observándose también una reducción en el número de frutos en el tercer corte. La misma tendencia presentó este parámetro por el efecto de los tratamientos de fertilización. Se observa un decremento en el número de frutos cuando la planta de chile fue irrigada con el tratamiento más seco (35 kPa). Por otra parte, puede decirse que hubo una tendencia cuadrática en cuanto al efecto de los tratamientos de fertilización ya que el número de

frutos aumentó hasta cierto nivel de fertilización y después disminuyó en las dosis más altas de nitrógeno. Kirnak *et al.*, (2003) encontraron esta misma tendencia en Chile bajo dos tratamientos de riego y tres niveles de fertilización, con y sin acolchado plástico. El diámetro de fruto fue menor en el tratamiento donde se presentó un estrés hídrico y no se observó influencia por el acolchado del suelo. También Klar y Jadoski (2004) encontraron las mismas tendencias en Chile dulce bajo condiciones de acolchado, donde el estrés hídrico también causó una reducción en el número de frutos. Igualmente el número de frutos varió con respecto a diferentes calendarios de riego en un trabajo realizado por Hassan Khan *et al.*, (2005) y por Gençoğlan *et al.*, (2007) en Chile sujeto a varios tratamientos de riego. El mismo comportamiento fue observado por Evanduir N. de Araujo *et al.*, (2007) en plantas de Chile fertilizadas con diferentes dosis de fertilizante en base a estiércol. Pero contrario a nuestros resultados, no diferencias en el número de frutos fueron encontrados por Everett y Subramanya (1983) en Chile bell fertilizado con tres dosis de N y por Goncalves da Silva *et al.*, (1999) en Chile dulce fertilizado con varias dosis de N bajo ambiente controlado.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el número de frutos de Chile verde (*Capsicum annuum* L.) "Sahuaro" en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004

Tratamientos		1° Corte	2° Corte	3° Corte
Riego, kPa	35	39500 b	39722 b	23706 a b
	25	45056 b	51222 a	29882 c
	15	57611 a	49056 a	22125 b
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	37833 b	30333 c	7667 c
	80	53000 a	42769 b	1417 b
	160	46636 a b	55273 a	26909 a b
	240	45833 a b	48417 a b	24750 a b
	320	48333 a b	49417 a b	32667 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

Rendimiento

Para los tres cortes efectuados a las plantas de Chile verde (Cuadro 7), el rendimiento durante el primer corte fue significativamente mayor para el tratamiento más húmedo (15 kPa). Sin embargo, para el siguiente corte no hubo diferencias significativas al

efecto de riego. En el tercer corte, aunque el mayor rendimiento se presentó en aquellas plantas irrigadas a 25 kPa, este tratamiento fue estadísticamente similar para aquellas plantas irrigadas a 15 kPa. Estos resultados demuestran que la disminución en el contenido de humedad afecta el rendimiento de frutos frescos de chile. Mientras que Sirjacobs y Slama (1985) obtuvieron los mejores rendimientos entre 15 y 35 kPa, Wierenga y Saddiq (1985) obtuvieron los más altos rendimientos usando un potencial del agua del suelo entre 15 y 20 kPa. Por otra parte, Giardini y Pimpine (1971) obtuvieron los más altos rendimientos a potenciales del agua del suelo de 60 kPa. Klar y Jadoski (2004) y Jovicich; (2009) encontraron los mismos efectos del riego en chile bell pepper en ambiente controlado. Similares resultados fueron encontrados por Diaz-Perez (2009) en chile bell pepper bajo riego por goteo. Inzunza *et al.*, (2007) encontraron que el rendimiento de chile jalapeño fue mayor cuando el riego al cultivo fue más frecuente, con el 30-70% de la evaporación, en lugar del 20-60% de la evaporación.

En cuanto al efecto de la fertilización, puede observarse en el Cuadro 7 que los incrementos en la dosis de fertilización aumentaron los rendimientos de frutos de chile verde aunque entre ellos no difirieron significativamente. Esto significa que este cultivo, para nuestras condiciones, puede fertilizarse con dosis de N de 80 a 320 kg ha⁻¹. Zhang *et al.*, (2006) encontraron dosis optimas de N para chile en Canadá entre 202 a 240 kg ha⁻¹. Larrinaga *et al.*, (2004) destacaron que a mayor aplicación de nitrógeno (400 kg N ha⁻¹) se obtuvo mayor cosecha de chile ancho.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el rendimiento de chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en tres cortes, 10 de Nov. 20 de Nov. y 02 de Dic. 2004.

Tratamiento		1° Corte kg/ha ⁻¹	2° Corte kg/ha ⁻¹	3° Corte kg/ha ⁻¹
Riego, kPa	35	2189.2 b	2287.8 a	1270.3 b
	25	2651.1 b	2892.8 a	1719.1 a
	15	3528.3 a	2851.9 a	1320.3 a b
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	1983.3 b	1531.7 b	401.7 c
	80	3070.8 a	2387.3 a	1239.2 b
	160	2795.5 a b	3174.5 a	1518.2 a b
	240	2666.7 a b	2720.8 a	1366.7 a b
	320	3005.4 a	3065.8 a	1897.5 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

Clorofila

El análisis de varianza (ANOVA) mostró un efecto significativo en el contenido de clorofila con respecto al tratamiento de riego ($P = 0.023$) y altamente significativo a la dosis de N ($P < 0.001$) en la primera fecha (13 de Octubre). Similarmente, en la fecha 2 (7 de Noviembre) el efecto fue altamente significativo para ambos parámetros. No hubo interacción entre el tratamiento de riego y la dosis de N en ambas fechas de muestreo.

La prueba de comparación de medias mostró que plantas desarrolladas en suelos con contenidos de humedad a tensiones de 35 y 25 kPa manifestaron valores mayores en las lecturas del SPAD-502 en la primera fecha, las cuales fueron significativamente mayores a aquellas plantas desarrolladas a contenidos de humedad de 15 kPa (Cuadro 8). En la segunda fecha, se observó un efecto significativo de los tratamientos de riego en las lecturas del SPAD-502. En el mismo cuadro se observa un efecto significativo de la aplicación de N en las lecturas del SPAD-502 con respecto al control. Sin embargo, plantas fertilizadas con las altas dosis de N (de 160 a 320 kg N ha⁻¹) mostraron valores significativamente más altos que aquellas plantas fertilizadas con 80 kg N ha⁻¹ en ambas fechas. Similar a este estudio, Bierman *et al.*, (1997) encontraron que el contenido de clorofila aumentó con el transcurso del tiempo. Esto es debido a la acumulación de N al

aumentar las dosis de N aplicado y a la disminución del contenido de humedad que aumenta la concentración del nitrato.

Cuadro 8. Efecto del tratamiento de riego y de la dosis de N en el contenido medio de clorofila valores del SPAD, 502) en chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en dos fechas.

Tratamiento		Octubre 13	Noviembre 7
Riego, kPa	35	53.61 a	59.19 a
	25	53.57 a	57.82 b
	15	52.61 b	55.35 c
Dosis, kg N ha ⁻¹	0	48.65 c	51.00 c
	80	52.80 b	56.63 b
	160	54.40 a	58.70 a
	240	54.84 a	59.06 a
	320	54.15 a	58.83 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

Similar a los valores obtenidos con el SPAD-502, los valores en la concentración de nitratos determinados en el laboratorio disminuyó significativamente conforme se incrementó el contenido de humedad e igualmente su contenido aumentó con el incremento en la dosis de N aplicado.

Cuadro 9. Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de N en el contenido medio de N-NO₃ (método del ácido fenoldisulfónico) en chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en dos fechas, 13 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004.

Tratamiento		14 Octubre ppm	8 Noviembre ppm
Riego, kPa	35	12004.9 a	13315.0 a
	25	12338.9 a	10788.0 a b
	15	7849.3 b	8483.0 b
Dosis de N kg ha ⁻¹	0	3813.0 d	2448.0 c
	80	8205.0 c	8215.0 b
	160	11411.0 b	12892.0 a
	240	14390.0 a	11685.0 ab
	320	12645.3 a b	15252.0 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

En la Figura 2, se presenta la relación entre las lecturas del SPAD-502 y el contenido de nitratos determinados en el laboratorio. De acuerdo con el ANOVA, se encontró una correlación significativa ($P = 0.015$) con un coeficiente de correlación muy bajo (0.1245) y esto es debido precisamente a que el contenido de nitratos analizado en el laboratorio fue determinado en los peciolos de las hojas y no en el área de la hoja donde fueron tomadas las lecturas del SPAD-502. Otros investigadores encontraron coeficientes de correlación más altos relacionando las lecturas del SPAD-502 con el contenido de nitrógeno total (%) (Rodríguez *et al.*, (1998) en tomate; Swiader y Moore (2002) en calabaza y Maderia y De Varennes (2005) en chile dulce.

El Cuadro 10 presenta los valores de nitratos obtenidos con el medidor portátil Cardy. Los valores presentados para los contenidos de nitratos para la fecha del 14 de Octubre caen dentro del rango propuestos por Hartz (2000) para chile de entre 7,000 a 10,000 ppm en la etapa de crecimiento determinado en base a peso seco. Sin embargo, los valores presentados para la segunda fecha, 8 de Noviembre (antes de la cosecha), los valores son mayores al rango de 2500 a 5000 ppm propuestos por el mismo autor. En el mismo Cuadro 10 pueden observarse valores de 10,000 ppm, que en realidad son valores mayores a este valor medidos en el CARDY, ya que el limite superior en la lectura para el

medidor portátil es de 9,900 ppm, lecturas mayores que coinciden con los valores determinados en el laboratorio y presentados en el Cuadro 9. Puede concluirse en base a estos resultados, que hubo un exceso de N aplicado al cultivo de Chile.

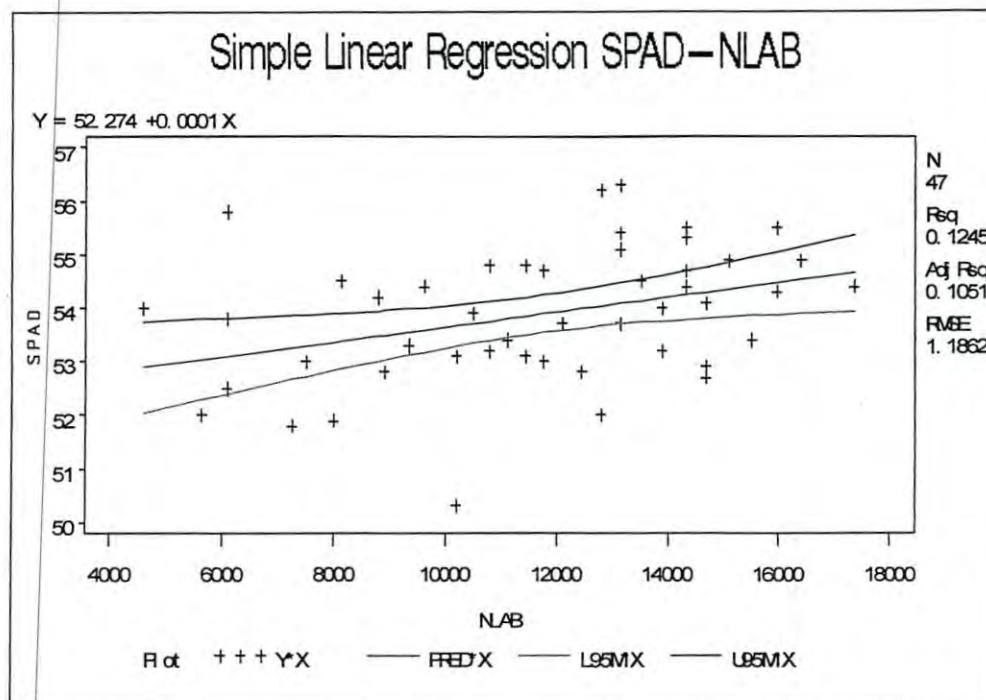


Figura 3. Relación entre los valores del SPAD-502 (y) y la concentración de nitrógeno en las hojas (x) determinado en el laboratorio.

Cuadro 10. Efecto del tratamiento de riego en el contenido medio de N-NO₃ (valores de Cardy Nitrate) en Chile verde (*Capsicum annuum* L.) 'Sahuaro' en dos fechas, 14 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004.

Tratamiento		14 Octubre ppm	8 Noviembre ppm
Riego, KPa	35	8873.3 a	9572.2 a
	25	9227.8 a	8883.3 a
	15	6617.8 b	7522.2 b
Dosis de N Kg ha ⁻¹	0	3143.3 b	4500.0 c
	80	7629.2 a	7315.4 b
	160	9409.1 a	10000.0 a
	240	9433.3 a	9625.0 a
	320	9483.3 a	10000.0 a

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

Las mediciones de K con el Cardy fueron significativamente iguales para ambos efectos de riego y fertilización en la fecha del 14 de Octubre (Cuadro 11). Sin embargo, para la segunda fecha, se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos de riego, siendo el contenido de K menor en el tratamiento más seco. Mientras que entre los tratamientos de fertilización, hubo un incremento significativo en el contenido de K hasta una dosis de fertilización de 160 kg N ha⁻¹ y después disminuyó significativamente en las dosis altas de N.

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos de riego y de la dosis de nitrógeno en el contenido medio de Potasio (valores del Cardy Potassium) en chile verde (*Capsicum annum* L.) 'Sahuaro' en dos fechas, 14 de Octubre y 08 de Noviembre, 2004.

Tratamiento		14 Octubre ppm	8 Noviembre ppm
Riego, KPa	35	1366.6 a	140.0 b
	25	1416.1 a	1215.9 a
	15	1416.6 a	1521.7 a
Dosis de N Kg ha ⁻¹	0	1550.0 a	91.7 c
	80	1299.2 a	1773.1 a b
	160	1427.3 a	2080.0 a
	240	1391.7 a	895.8 c b
	320	1416.7 a	297.3 c

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no son significativamente diferentes (Tukey, p=0.05).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indicaron un efecto positivo de los tratamientos de riego y fertilización en el cultivo de chile.

Aunque estadísticamente no hubo diferencia en la longitud y diámetro de fruto de chile verde, si hubo un incremento en el número de frutos con los incrementos del contenido de humedad del suelo y de la fertilización nitrogenada.

Se observó un efecto del contenido de humedad del suelo en el rendimiento de chile, presentándose menores rendimientos en el tratamiento más seco (35 kPa). Igualmente, se presentaron incrementos en el rendimiento por efecto de la fertilización en los tres cortes. Para el primer, segundo y tercer corte, los mayores rendimientos se obtuvieron con 80, 160 y 320 kg N ha⁻¹, siendo los rendimientos del primero y segundo corte numéricamente iguales pero mayores al tercer corte en un 40%.

Las lecturas del SPAD-502 y el contenido de N en la hoja aumentaron con el incremento en la dosis de fertilización. Debido al ahorro de tiempo y la facilidad de utilización del SPAD-502, se recomienda determinar el contenido de N total para obtener ecuaciones con mayores coeficientes de correlación que relacionen este contenido de N con las lecturas del SPAD-502 que se puedan utilizar en condiciones de campo o invernadero.

LITERATURA CITADA

- Abdelhamid M., T.Horiuchi y S. Oba. 2003. Evaluation of the SPAD value in faba bean (*Vicia faba* L.) leaves in relation to different fertilizer applications. *Plant Prod.Sci.* 6:185-189.
- Alam, M. y D. H. Rogers. 1997. Irrigation management series: Tensiometer use in scheduling irrigation. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MS 7-97—3M
- Allard, R.W. 1960. Principles of plant breeding. Wiley, New York.
- Azia, F. y K. A. Stewart. 2001. Relationships between extractable chlorophyll and spad values in muskmelon leaves. *J. Plant Nutr.* 24:961-966.
- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. *Adv. Agron.* 65, 1-79.
- Bevacqua, R.F. and T. R. Cardenas. 2002. Nitrogen monitoring techniques for vegetable crops. Cooperative Extension Service. Circular 579. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University.
- Bierman, P., T. Wall y L. Fuhrmann. 1997. Fertigation and on-farm plant & soil testing: nitrogen management tools for drip-irrigated vegetables. Ohio vegetable & Small Fruit Research & Development Program. 1997 Research Report
- Blaine R., B.R. Hanson, D. M. May y L.J. Schwankl. 2003. Effect of irrigation frequency on subsurface drip irrigated vegetables. *HortTechnology.* 23:115-120.
- Bosland, P.W. 1992. Chiles: a diverse crop. *HortTechnology* 2:6-10.
- Bosland, P.W. 1994. Chiles: history, cultivation, and uses. p. 347-366. In: G. Charalambous (ed.), *Spices, herbs, and edible fungi.* Elsevier Publ., New York.
- Brust, G.E. 2006. Using nitrate-N petiole sap-testing for better nitrogen management in vegetable crops. University of Maryland. Disponible en: <http://mdvegetables.umd.edu/images/Plant%20Petiole%20Nitrate%20Sap%20Testing.update.pdf>
- Castellanos, J.Z. 1997. Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. *Campo Experimental Bajío.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, pp. 73-82. In: 2° Simposium Internacional de Ferti-irrigación. Querétaro, México
- Castelli, F., R. Contillo y F. Miceli. 1996. Non-destructive determination of leaf chlorophyll content in four crop species. *J. Agron. Crop Sci.* 177:275-283.

- Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6(1):71–80.
- Chávez S., N., M. Berzoza M. y J.A. Cueto W. 2000. Respuesta del chile jalapeño a la fertirrigación con nitrógeno, fósforo y potasio en riego por goteo. pp. 118-124. In: X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua, México.
- Della Costa, L., and G., Gianquinto, 2002. Water stress and water table depth influence yield, water use efficiency, and nitrogen recovery in bell pepper: Lysimeter Studies. *Aust. J. Agric. Res.* 53:201-210.
- Diaz-Perez, J.C. 2009. Drip irrigation levels affect plant growth and fruit yield of bell pepper. Proceedings of the 2009 Georgia Water Resources Conference, held April 27–29, 2009, at the University of Georgia. Disponible en: http://www.gwri.gatech.edu/uploads/proceedings/2009/3.3.4_Diaz-Perez.pdf
- Ertek, A., İ. Şensoy, Gedik, and C. Küükyumuk. 2007. Irrigation scheduling for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in field conditions by using Class-A pan evaporation values. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2:349-358.
- Everett, P.H. and R. Subramanya. 1983. Pepper production as influenced by plant spacing and nitrogen-potassium rates. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 96:79-82.
- Giardini, L. and F. Pimpini. 1971. Aumento produttivo ed evapotranspirazione nel peperone in funzione dell'umidità del terreno all'intervento irriguo. *Revista Agronomica.* 5:91-114
- Gonalves Da Silva, M.A., A.E. Boaretto, A.M. Tavares De Melo, H.M. Gimenes Fernandes, W. Bueno Scivittaro. 1999. Fruit yield and quality of sweet pepper grown in protected environment, influenced by nitrogen and potassium fertilization. *Scientia Agricola.* 56:1199-1207.
- Goyal, M.R., J.A. Santaella y L.E. Rivera. 2007. Manejo de riego por goteo Cap. V: El tensiómetro: su uso, instalación y mantenimiento. Autor: Dr. Megh R. Goyal. Universidad de Puerto Rico
- Goyal, M. R. 2007. Management of Drip/ Micro or Trickle Irrigation. University of Puerto Rico – Mayagüez Campus, P.O. Box 5984, Mayagüez – PR – 00681 – 5984, USA. Disponible en: http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/microirrigation.htm
- Hanson, B.R., D.M. May, and L.J. Schwankl. 2003. Effect of irrigation frequency on subsurface drip irrigated vegetables. *HortTechnology.* 13:115-120.
- Hansen, B., E.S. Kristensen, R. Grant, H. Høgh-Jensen, S.E. Simmelsgaard and J.E. Olesen, 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems—A systems modelling approach. *European J. Agron.* 13:65–82.

- Hartz, T.K., M. Le Strange y D.M. May. 1993. Nitrogen requirements for drip-irrigated peppers. *HortScience* 28: 1097-1099.
- Hartz, T.K. 1994. Drip irrigation and fertigation management of vegetable crops. California Department of Food and Agriculture. Sacramento, CA.
- Hartz, T.K. 2000. Managing fertility in drip-irrigated chile production. In: Drip irrigation for row crops. New Mexico State University. Cooperative Extension Service. Circular 573. College of Agriculture and Home Economics.
- Hassan Khan, M., T. Hussain Chattha and N. Saleem. 2005. Influence of different irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum Annum Grossum Group*). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1: 125-128. Hagin J, M. Sneh y A. Lowengart-Aycicegi 2002. Fertigation: fertilization through irrigation. *Bull. Int. Potash Inst., Basel* 23.
- Hochmuth, G.J. 1992. Fertilizer management for drip-irrigated vegetables in Florida. *HortTechnology* 2:27-32.
- Hochmuth, G. J. and R. C. Hochmuth. 1994. Responses of pepper and watermelon to paper and polyethylene mulch in two spring seasons in North Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 107: 102-105.
- Locascio, S.J. and J.M. Myers. 1974. Tomato response to plug-mix, mulch and irrigation method. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 87:126-130.
- Inzunza, M.A., S.F. Mendoza, E.A. Catalán, M.M. Villa, I. Sánchez y A. Román. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30:429-436.
- Jovicich, E., D. J. Cantliffe, P. J. Stoffella and J. J. Vansickle 2009. Reduced fertigation of soilless-greenhouse-grown peppers improves fruit yield and quality. *Florida Agricultural Experimental Station Journal Series No. N-02343*. Disponible en: <http://www.hos.ufl.edu/ProtectedAg/pdf/Jovicich%20reduced.pdf>
- Klar, A.E. and S.O. Jadoski. 2004. Irrigation and mulching management for sweet pepper crop in protected environment. *Irriga Botucatu*. 6:217-224.
- Larrinaga, J.A., C. Camacho, B. Murillo y M. Aguilar. 2004. Efecto del riego y fertilización en chiles anchos (híbridos y estándares) para zonas áridas de B. C. S. *Primera Convención Mundial del Chile*. P. 260-266

- Locascio, S.J. and J.M. Myers. 1974. Tomato response to plug-mix, mulch and irrigation method. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 87:126-130.
- Madeira, A.C., A. Ferreira, A. De Varennes, y M. I. Vieira. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. Comm. Soil Sci. Plant Anal.34:2461-2470,
- Madeira, A.C. and A. De Varennes. 2005. Use of chlorophyll meter to assess the effect of nitrogen on sweet pepper development and growth. J. Plant Nutri. 28:1133-1144.
- Mahajan, G., K.G. Singh, R. Sharda, and M. Siag. 2007. Response of red hot pepper (*Capsicum annuum* L.) to water and nitrogen under drip and check basin method of irrigation. Asian J. Plant Sci. 6:815-820.
- Maiti, R.K., N.C. Sarkar, V.P. Singh, and S.S. Purohit. 2007. Research advances in Capsicum - Pepper (*Capsicum annuum* L.) and Other Species. Jodhpur, Agrobios, India, xiv, 244 p.
- Minolta. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction manual. USA.
- Moreno, M.M., F. Ribas, A. Moreno and M. J. Cabello. 2003. Physiological response of a pepper (*Capsicum annuum* L.) crop to different trickle irrigation rates. Spanish J. Agric. Res: 65-74.
- Nuez, V.F., R.G. Ortega y J.A. Garcia. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Ed. Mundi-Prensa. P. 61-113.
- Olsen, J. K., D. J. Lyons and M. M. Kelly. 1993. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical Australia. J. Plant Nutr. 16(10):2055-2071.
- Pickersgill, B. 1969. The domestication of chili peppers. In: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (eds.). The domestication and exploration of plants and animals. Duckworth. London. UK. pp. 443-450.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). Evolution. 25:683-691.
- Rix, M., and R. Phillips. 1993. "The Random House Book of Vegetables", Random House, NY
- Rodríguez, M.N., G. Alcántar, A. Aguilar S., J. Etchevers, J. A. Santizó. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. TERRA. 16:135-141.
- SAGARPA. 2007. SIAP: Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: <http://www.siap.sagrapa.gob.mx/ventana.php?idliga=1042&tipo=1>
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT: User's Guide, Version 6, 4 th. Ed. Vol. 1. SAS Inst. Cary NC.

- Scharf, P.C., S.M. Brouder and R.G. Hoefl. 2006. Chlorophyll meter readings can predict corn nitrogen need and yield response. *Agron. J.* 98:655-665
- Schlemmer, M.R., D. D. Francis, J. F. Shanahan and J. S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agron. J.* 97:106-112.
- Sirjacobs, M. and D.O. Slama. 1985. Irrigation localise de'une culture de proivone sous serre en región aride. Farham Royale, London. 11:21.
- Smajstrla, A.G. and D. S. Harrison.1998. Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling. CIR487 Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Smith, P.G., B. Villalon and P.L. Villa. 1987. Horticultural classification of pepper grown in the United States. *HortScience* 22:11-13.
- Smittle, D. A., W. L. Dickens, and J. R. Stansell. 1994. Irrigation affects yield and water use by bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5): 936-939.
- Stroehlein, J. y N. Oebker. 1979. Effects of nitrogen and phosphorus on yields and tissue analysis of chili peppers. *Commun. in Soil Sci. Plant Analysis* 10:551-563.
- Swiader, J.M. and A. Moore. 2002. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *J. Plant Nutri.* 25:1089-1100.
- Tam, S. 2005. Irrigation scheduling with tensiometers. Water Conservation Factsheet. Ministry of Agriculture and Lands. British Columbia. Canada.
- Wierenga, P.J. 1983. Yield and quality of trickle irrigated chile. Depart. of Crop and Soil Scie., New Mexico State Uni. Las Cruces, NM. 88003. Agric. Exp. Station, Bulletin 703.
- Wierenga, P.J. and M.H. Saddiq. 1985. Optimum soil water tension for trickle irrigated peppers. In: International drip/trickle Irrigation Congress, 3. Fresno. Proceedings, Fresno: American Society Agricultural Engineering. P. 193-195.
- Zhang, T., C. Tan and T. Bruulsema. 2006. Fertigation boosts optimum nitrogen for tomatoes and peppers. *Better Crops.* 90:8-9.
- Zotarelli, L., J. M. Scholberg, M. D. Dukes y R. Muñoz-Carpena. 2007. Monitoring of nitrate leaching in sandy soils: Comparison of three methods. *J. Environ. Qual.* 36:953-962