

## EFFECTO DEL NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRESA REGADA POR GOTEO Y GRAVEDAD\*

### EFFECT OF NITROGEN ON GROWTH AND YIELD OF STRAWBERRY IRRIGATED ON DRIP AND GRAVITY SYSTEMS

Gilberto Vázquez-Gálvez<sup>1</sup>, Raúl Cárdenas-Navarro<sup>2§</sup> y Philippe Lobit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán, IPN. Justo Sierra 28. Jiquilpan, Michoacán, C. P. 59510. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: gvazquez43@hotmail.com

#### RESUMEN

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en el valle de Zamora, Michoacán, México, es uno de los generadores de empleo en el campo. Este cultivo es también uno de los mayores consumidores de fertilizantes nitrogenados ya que se aplican cantidades por arriba de 600 kg N ha<sup>-1</sup>. Durante 2003-2004 se realizó este estudio. El objetivo fue generar información local sobre el efecto del fertilizante nitrogenado y de su eficiencia, así como del agua, en riego por goteo y gravedad en el cultivo de fresa. Se evaluó el efecto de dosis crecientes de nitrógeno aplicadas en riego por goteo y gravedad (0, 23, 77, 231, 693 y 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>) sobre el crecimiento y rendimiento de fruta en el cultivo de fresa. Los resultados muestran una disminución significativa en la materia seca total por planta al cambiar de riego por goteo a gravedad. El aporte de 231, 693 y 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>, significó una mayor producción de materia seca. Sin embargo, el cambio de 231 a 693 y de 231 a 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>, implica un incremento de 3 y 6.6 veces respectivamente, en la cantidad de fertilizante nitrogenado, así como representa incrementos económicos proporcionales. El aporte de agua en riego por goteo fue 21% menor, pero su eficiencia en la producción de fruto fue 29% mayor. La eficiencia de N en la producción de fruto en riego por goteo fue 19% superior al obtenido en riego por gravedad.

**Palabras clave:** *Fragaria x ananassa* Duch., crecimiento y producción de fruto, riego por goteo y gravedad.

#### ABSTRACT

Strawberry production is the major producer of employ in the field in the valley of Zamora, Michoacan, Mexico. This horticultural crop is also one of the most important consumers of nitrogen fertilizers, which are applied in very high quantities (>600 kg N ha<sup>-1</sup>). The aim of this work was to generate local information about the effect of the nitrogen supply on plant growth and production, as well as nitrogen use efficiency and water use efficiency, in strawberry plants grown under two irrigation systems: drip and gravity. The effect of increased doses of nitrogen was evaluated in drip and gravity irrigation systems (0, 23, 77, 231, 693 y 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>). The results show a significant decrease in plant dry matter when irrigation changed from drip to gravity. When plants are supplied with 231, 693 and 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup> dry matter production increased. Nevertheless, the change from 231 to 693 and from 231 to 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>, involve an increase of 3 and 6.6 times respectively in the quantity of fertilizer and represents proportional economic increases. The water consumption in drip irrigation was 21% minor, but his efficiency in the production of fruit was 29% higher. The efficiency of nitrogen in fruit production in drip irrigation was 19% greater than the obtained on gravity system.

**Key word:** *Fragaria x ananassa*, drip and gravity irrigation systems, Duch., growth and fruit production.

\* Recibido: Abril de 2007  
Aceptado: Marzo de 2008

## INTRODUCCIÓN

La fresa es un cultivo estratégico en el estado de Michoacán, ya que es generador de empleos y divisas. En el ciclo agrícola 2003-2004 se establecieron 2 437 ha que produjeron 71 227 t, con un valor de 358 millones de pesos y que además generaron 1.5 millones de jornales en el campo (SEDAGRO, 2005; DDR 088, 2004).

El nitrógeno con frecuencia es el nutrimento limitante en los agroecosistemas, por ello se aplica en altas cantidades en cultivos como la fresa, en el que los agricultores con el propósito de obtener altos rendimientos y por carecer de información técnica sobre el uso y manejo de los fertilizantes nitrogenados, aplican dosis superiores a 600 kg de N ha<sup>-1</sup> (Cárdenas *et al.*, 2004), elevando con ello el costo de producción del cultivo y provocando serios problemas de contaminación ambiental por la lixiviación del nitrógeno, principalmente de nitratos, a los mantos freáticos subterráneos. Pocos esfuerzos se han hecho por desarrollar prácticas que mejoren el manejo de fertilizantes a fin de incrementar la eficiencia en el uso del nitrógeno y mejorar la calidad ambiental. Por ello, la eficiencia productiva del nitrógeno es generalmente baja debido a que la planta utiliza un porcentaje muy bajo en relación al total aplicado. La eficiencia de uso y la recuperación relativa de nitrógeno depende del tipo de cultivo y de su manejo, entre otros factores. Según Monroy *et al.* (2002), el cultivo de la fresa en riego por gravedad tiene una eficiencia en el uso de nitrógeno de 17%. Johnson y Raun (2003), indican que en trigo la eficiencia en el uso de nitrógeno fue de 49% con 22.4 kg de N ha<sup>-1</sup> y decreció a 34% con 112 kg de N ha<sup>-1</sup>. Para maíz estos mismos autores reportan una eficiencia de 34.6% con 90 kg de N ha<sup>-1</sup> la cual decreció a 18.3% con 270 kg de N ha<sup>-1</sup>. Por su parte Ramos *et al.* (2002), encontraron para tomate de cáscara, valores de 233.3 kg de fruto kg de N aplicado y una recuperación relativa de N de 67.47% aplicando 80 kg de N ha<sup>-1</sup> en riego por goteo. En ajo, Mohammad y Zuraiqi (2003), reportan una eficiencia en el uso de nitrógeno de 29.43% con 30 kg de N ha<sup>-1</sup> en riego por goteo.

Con relación al agua, el cultivo tiene una demanda de 12 546 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> durante su ciclo (CNA, 2005), pero el agricultor generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades muy por arriba de las calculadas, ya sea por desconocimiento o por considerar que con una mayor cantidad de agua se obtienen mayores rendimientos y se controlan mejor las plagas como la araña roja. Según

datos de la CNA (2005) y del Distrito de Desarrollo Rural 088 (2004) en Zamora el cultivo de la fresa en riego por gravedad tiene un índice de productividad de 2.31 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruta producida, pero según información proporcionada por algunos productores de fresa existe la posibilidad de mejorarlo hasta tres veces con sistemas de producción más eficientes en el uso del agua como el riego por goteo.

En la práctica los agricultores están utilizando el sistema de riego y fertilización por goteo, a fin de mejorar las eficiencias tanto de nitrógeno como de agua. Se estima que este sistema comparado con el riego por gravedad genera un ahorro de agua y fertilizante que puede ser de 80 y 60%, respectivamente (Haynes, 1985; Hochmuth, 1995; Hochmuth y Cordasco, 1999). Sin embargo, en este sistema tampoco hay recomendaciones precisas sobre el uso de agua y de fertilizante para el cultivo de la fresa. En la región de Zamora el agricultor hace un uso empírico del agua y aunque utiliza menos fertilizante que en riego por gravedad, se estima que los aportes de nitrógeno superan ampliamente los 400 kg ha<sup>-1</sup> (com. per. con productores de fresa). Cantidad que es superior a la utilizada en otras regiones de cultivo de fresa en el mundo.

En California EE.UU, la mayoría de los cultivares son fertilizados con una dosis que varía entre 112 y 170 kg ha<sup>-1</sup> (Voth, 1991). En Florida EE.UU, la mejor respuesta al nitrógeno en los cultivares Seascape, Oso Grande, y Sweet Charlie, se obtiene en el rango de 50 a 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (Hochmuth *et al.*, 1996). En Carolina del Norte en EE. UU los requerimientos de unidades de nitrógeno que optimizan el rendimiento de fresa en el cultivar Chandler se ubican alrededor de 120 kg ha<sup>-1</sup> (Miner *et al.*, 1997). En España las cantidades totales de unidades de nitrógeno aplicadas al cultivo de fresa oscila entre 200 y 250 kg ha<sup>-1</sup> (Cadahia, 1998). No obstante, esta información no se puede extrapolar porque es generada bajo otras condiciones de suelo, clima, agua, variedades y con un sistema de cultivo distinto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dosis crecientes de nitrógeno aplicadas en riego por goteo y gravedad sobre el crecimiento y rendimiento de fruta en el cultivo de fresa, a fin de obtener información local sobre el efecto del fertilizante nitrogenado y de su eficiencia, así como de agua, en riego por goteo y gravedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Jiquilpan, ubicada dentro de la zona fresera de Michoacán, a una altitud de 1

550 msnm, delimitada por los paralelos 20° 03' 02" y 19° 52' 54" de latitud norte y los meridianos 102° 39' 33" y 102° 56' 16" de longitud oeste. El tipo de suelo es vertisol (Cuadro 1), caracterizado por poseer gran cantidad de arcillas (54%), tiene la capacidad de intercambio catiónico ( $C\ mol^+ kg^{-1} > 40$ ) y contenido normal de materia orgánica (2.7%). El trabajo inició el 7 de septiembre de 2003 y terminó el 31 de marzo de 2004. En este período se registró un fotoperíodo entre 10 y 13 horas luz, y una temperatura media alrededor de 20 °C, la máxima varió entre 30 y 35 °C y la mínima promedio estuvo alrededor de 5 °C durante el ciclo del cultivo.

**Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo donde se estableció el experimento. Parcela experimental del CIIDIR, Jiquilpan, Michoacán, 2003-2004.**

Parámetro	Valor
pH	6.72
Conductividad eléctrica	95 $\mu S$
Fósforo Olsen (%)	15.8
Potasio (meq/100 g)	1.43
Nitrógeno (%)	0.1
Materia orgánica (%)	2.7
Calcio (Meq/100 g)	27.08
Magnesio (meq/100 g)	13.71
Sodio (ppm)	39.5
CIC ( $Cmol^+ kg^{-1}$ )	-----
Textura	Arcilloso
Arena (%)	24.8
Limo (%)	21
Arcilla (%)	54.2
Carbonatos	9.7 ppm 0.323 meq/l
Bicarbonatos	89.1 ppm 1.46 meq/l

Se utilizaron plantas de fresa de la variedad Aromas de fotoperíodo neutro, hijas de plantas certificadas procedentes de viveros regionales. Las plantas, previamente despuntadas de la raíz y de las hojas, se establecieron en surcos de 0.9 m de ancho, en suelo húmedo a doble hilera y a una distancia entre sí de 25 cm a lo largo y ancho del surco, obteniéndose una densidad de alrededor de 88 800 plantas  $ha^{-1}$ .

En riego por goteo se instaló un sistema fijo, con depósitos de solución nutritiva con capacidad de 2 500 L para cada tratamiento, que se distribuyó a las plantas impulsada por bombas centrifugas de 0.25 hp, a través de cinta regante colocada entre las dos hileras de plantas a 3 cm de profundidad de la superficie y con goteros distanciados cada 20 cm. Se probaron seis niveles de fertilización nitrogenada: 0, 23, 77, 231, 693 y 1537 kg de  $N\ ha^{-1}$  en forma de  $Ca(NO_3)_2$ . Las necesidades de riego del cultivo, se estimaron mediante el empleo de la evaporación del tanque tipo "A". Para ello, se determinaron los valores de Kc del cultivo y Kp (0.8) del tanque (Doorembos y Pruitt, 1976). El agua se aplicó cada tercer día para reestablecer la humedad perdida por la evapotranspiración entre cada turno de riego.

En riego por gravedad el agua se hizo llegar hasta la embocadura de los surcos por medio de tuberías conectadas a un pozo fuente del líquido. El riego se aplicó cada vez que fue necesario y con base a la lámina de riego calculada para el cultivo en la región fresera de Zamora por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005). Las cantidades de fertilizante nitrogenado aportadas se colocaron en la costilla del surco a intervalos de quince días.

Tanto en riego por goteo como en gravedad cada unidad experimental estuvo formada por 3 surcos de 7 m de longitud y 0.9 m de ancho ( $6.3\ m^2$ ) con tres repeticiones, de los cuales el surco central se tomó como parcela útil. De la combinación de los niveles de nitrógeno y sistemas de riego se formaron 12 tratamientos que se distribuyeron en un diseño de parcelas divididas en donde la parcela grande perteneció a los dos tipos de riego y la chica a las dosis de nitrógeno.

A los 30 días después del establecimiento del cultivo se aplicó una fertilización de 0-250-250 (N-P-K)  $kg\ ha^{-1}$ , la cual en goteo se colocó en la cima del surco, mientras que en gravedad en el flanco del surco. La mezcla tuvo como fuente el superfosfato de calcio triple y el fosfato monopotásico.

El control de plagas y enfermedades fue manejado de acuerdo a la guía técnica publicada por Dávalos *et al.* (2002), para el cultivo de fresa la cual consistió en el control de gusano cogollero y araña roja.

Se realizaron seis muestreos destructivos a los 44, 67, 95, 128, 156, y 186 días después del trasplante (DDT) para determinar la acumulación de materia seca total, así como en raíz, corona, peciolos, hojas y frutos. El rendimiento del fruto fue

evaluado durante 24 fechas de cosecha. Se calculó el gasto de agua y fertilizante para cada tratamiento y cada sistema de producción.

Los análisis estadísticos y comparación de promedios se realizaron en el programa SAS (1992). Se realizó un análisis de varianza factorial considerando efectos simples e interacciones de los factores estudiados. La comparación de promedios se efectuó con la prueba de Duncan a un nivel de significancia estadística de  $\alpha=0.5$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se presentan los valores de rendimiento de materia seca total por planta de fresa, obtenidos en seis muestreos tomados a los 44, 67, 95, 128, 156 y 186 DDT. Se observa que para todos los tratamientos la materia seca por planta se incrementó gradualmente a través del ciclo de crecimiento hasta alcanzar su valor máximo a los 186 DDT. En cada fecha muestreada, sobresalieron por su mayor valor de materia seca los tratamientos con mayor nitrógeno. En los muestreos realizados a los 44, 67, 95 y 156 DDT, las dosis de nitrógeno produjeron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la producción de materia seca por planta. A los 67, 95 y 156 DDT, las dosis con 231, 693 y 1537 kg de N ha<sup>-1</sup> formaron un grupo de significancia estadística donde se registraron los valores mayores de materia seca por planta. Aunque también a los 128 y 186 DDT, las dosis con 693 y 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup> fueron superiores numéricamente.

Los resultados muestran que al cambiar la dosis de 231 a 693 kg de N ha<sup>-1</sup> no hubo un efecto significativo sobre la variación de materia seca; sin embargo, el cambio de 231 a 693 y de 231 a 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup>, implica un gasto de 3 y 6.6 veces más respectivamente, en la cantidad de fertilizante nitrogenado utilizado, lo que representa incrementos substanciales en el costo de producción. Los resultados sugieren que en los dos sistemas de producción de fresa es posible utilizar dosis de alrededor de 231 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Esta dosis representa un ahorro de fertilizante nitrogenado de más de 50% con respecto a las utilizadas por la mayor parte de los agricultores de las regiones freseras de Michoacán. Con respecto a las recomendaciones de otros países estas cantidades son similares a las reportadas por Cadahia (1998) en España, pero son superiores a las recomendadas por Voth (1991) en California EE.UU y por Hochmuth *et al.* (1996) en Florida EE.UU.

Con relación al efecto promedio de los niveles de nitrógeno sobre la producción de materia seca en riego por goteo y gravedad, en el Cuadro 3 se observa que en los muestreos realizados a los 95 y 128 DDT, se registraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) a favor del riego por goteo en la producción de materia seca, aunque también hubo diferencias numéricas a favor del riego por goteo a los 156 y 186 DDT. El promedio de seis muestreos de materia seca a lo largo del ciclo del cultivo muestra que el riego por goteo produjo significativamente 17% más materia seca frente al riego por gravedad. Esta mayor producción de materia seca en riego por goteo no solamente se relaciona con

**Cuadro 2. Variación en la acumulación de materia seca total en plantas de fresa (mg MS<sub>total</sub> planta<sup>-1</sup>) durante el ciclo del cultivo, en función de la concentración de nitrógeno aplicado en riego por goteo y gravedad. Parcela experimental del CIIDIR, Jiquilpan, Michoacán, 2003-2004.**

Dosis de N kg ha <sup>-1</sup>	Materia seca acumulada por planta (MS <sub>total</sub> )							Media
	Días después del trasplante							
	44	67	95	128	156	186		
	mg MS <sub>total</sub> planta <sup>-1</sup>							
0	737 b*	1646 c	4400 b c	8957 a	15945 b c	22424	8853 c	
23	924 b	1904 b c	3374 c	7570 a	16000 b c	24993	9358 b c	
77	1223 a	2173 a b	4075 b c	9787 a	14628 c	25773	9610 b c	
231	851 b	2514 a	5857 a	12480 a	20447 a b	23932	11013 a b c	
693	900 b	2550 a	4565 a b c	11328 a	18544 a b c	29605	11249 a b	
1537	1013 a b	2511 a	5401 a b	12504 a	21369 a	29632	12072 a	
CV	22.11	17.14	23.17	30.77	21.45	19.98	15.86	

\*Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan,  $\alpha=0.5$ ).

mayor eficiencia en el uso del agua sino también con una mayor eficiencia en el uso de nitrógeno ya que la menor cantidad de agua aplicada localmente reduce las pérdidas de fertilizante por lixiviación y volatilización de la superficie del suelo (Johnson y Raun, 2003).

El uso consuntivo reportado para el cultivo de la fresa en Zamora, Michoacán, México, es de 125 cm ( $12\,500\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ ), de los cuales se aplican 78.65 cm (63%) en los meses de septiembre a marzo (CNA, 2005). La lámina de riego y el volumen de agua utilizados mensualmente en el cultivo, tanto en riego por goteo como en gravedad, se muestran en el Cuadro 4. En este Cuadro se observa que la lámina utilizada en riego por goteo fue inferior en un 21% en relación al riego por gravedad. Este ahorro de agua en goteo se explica por la mayor eficiencia de este sistema de riego en la aplicación del agua a la zona radical de las plantas en pequeñas porciones que disminuyen las pérdidas por evaporación e infiltración (Johnson y Raun, 2003). Los resultados señalan

que este ahorro de agua de 21% es inferior a 80% reportado por Haynes (1985); Hochmuth (1995), Hochmuth y Cordasco (1999). Aunque autores como Pizarro (1990), indican que el riego por goteo puede demandar la misma cantidad de agua que el de gravedad, ya que no hay ahorro en la evapotranspiración.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la productividad del agua en la producción de fruto de fresa. Se advirtió que el valor promedio de la productividad del agua bajo riego por goteo fue superior con respecto al obtenido en riego por gravedad. En riego por goteo el valor promedio fue de  $3.59\text{ kg fruta m}^3$ , siendo este un valor superior en un 29% en comparación con el de riego por gravedad. El valor promedio obtenido de la productividad del agua en riego por gravedad, fue 1.5 veces mayor que el reportado por Monroy *et al.* (2002) para fresa variedad Chandler en la zona fresera de Irapuato, Guanajuato, lo cual se atribuye a una menor producción de fruto con un mayor gasto de agua.

**Cuadro 3. Materia seca total acumulada en plantas de fresa var. Aromas a través del ciclo del cultivo, en función del sistema de riego (por goteo y gravedad). Parcela experimental del CIIDIR, Jiquilpan, Michoacán, 2003-2004.**

Sistema de Riego	Materia seca total acumulada						
	Días después del trasplante			Días después del trasplante			
	44	67	95	128	156	186	Media
	mg MS <sub>total</sub> planta <sup>-1</sup>						
Goteo	891	2210	5126 a	12696 a	18533	27585	11167 a
Gravedad	991	2223	4098 b	8313 b	17111	24575	9551 b
CV	22.1	17.1	23.17*	30.77*	21.45	19.98	15.86*

\*Promedios seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan,  $\alpha=0.5$ ).

**Cuadro 4. Láminas de riego (Lr) empleadas en dos sistemas de riego (goteo y gravedad) durante el período de crecimiento del cultivo de fresa var. Aromas. Parcela experimental del CIIDIR, Jiquilpan, Michoacán, 2003-2004.**

Mes	Riego por goteo			Riego por gravedad		
	Lr	Lr acumulada	Lr día	Lr	Lr acumulada	Lr día
	cm					
SEP	7.88	7.88	0.26	20.56	20.56	0.68
OCT	2.98	10.86	0.09	10.28	30.84	0.33
NOV	5.1	15.96	0.17	8.81	39.65	0.29
DIC	8.12	24.08	0.26	8.81	48.46	0.28
ENE	11.57	35.65	0.37	8.81	57.27	0.28
FEB	11.75	47.39	0.42	9.98	67.25	0.35
MAR	15.82	63.21	0.51	12.33	79.58	0.39

**Cuadro 5. Rendimiento de fruto cosechado, eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) y productividad del agua (PA), en dos sistemas de riego (goteo y gravedad) en función de la cantidad de N aplicada en el cultivo de la fresa var. Aromas. Parcela experimental del CIIDIR, Jiquilpan, Michoacán, 2003-2004.**

Dosis de N kg ha <sup>-1</sup>	Riego por goteo				Riego por gravedad			
	Rend. kg ha <sup>-1</sup>	Aporte N kg ha <sup>-1</sup>	EUN kg kg <sup>-1</sup> N	PA kg m <sup>-3</sup>	Rend. kg ha <sup>-1</sup>	Aporte N kg ha <sup>-1</sup>	EUN kg kg <sup>-1</sup> N	PA kg m <sup>-3</sup>
0	19100	0		3.02	16211	0		2.03
23	23516	23	1022	3.72	16952	23	737	2.13
77	24802	77	322	3.92	21481	77	279	2.7
231	20914	231	90	3.3	17900	231	77	2.24
693	22390	693	32	3.54	20290	693	29	3.47
1537	25504	1537	16	4.03	22681	1537	14	2.85
Media	22704	512	44	3.59	19252	512	37	2.57

## CONCLUSIONES

El rendimiento de materia seca total dentro y entre los sistemas de riego se vio favorecido por la aplicación de nitrógeno. Al cambiar de riego por goteo a gravedad se observó una disminución significativa en la materia seca, en promedio de seis muestreos durante el ciclo del cultivo. Asimismo, en los dos sistemas de riego se observó que la aplicación de dosis de 231, 693 y 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup> significó un mayor rendimiento de materia seca en cuatro de seis muestreos; sin embargo, el cambio de 231 a 693 y de 231 a 1 537 kg de N ha<sup>-1</sup> implica un gasto 3 y 6.6 veces mayor respectivamente, en la cantidad de fertilizante nitrogenado utilizado.

Los resultados sugieren que en los dos sistemas de producción de fresa es posible utilizar dosis alrededor de 231 kg N ha<sup>-1</sup>, lo cual significa un ahorro de fertilizante nitrogenado en más de la mitad con respecto a las cantidades que la mayoría de los agricultores utilizan actualmente en la región fresera de Zamora, Michoacán. El aporte de agua en riego por goteo y gravedad fue de 6 321 y 7 958 m<sup>3</sup> respectivamente, lo cual significa un ahorro de agua 21% en riego por goteo. Sin embargo, su eficiencia para producir fruto fue en promedio 29% superior en comparación al riego por gravedad. El valor promedio de la eficiencia de N para producir fruto en fresa bajo riego por goteo fue 19% del obtenido en riego por gravedad.

## LITERATURA CITADA

- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi Prensa. España. 475 p.
- Cárdenas, N. R.; Sánchez, Yañez, J. M.; Farias-Rodríguez, R. y Peña-Cabriales, J. J. 2004. Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2):173-178.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2005. Uso consuntivo del cultivo de la fresa en el Valle de Zamora, Michoacán. Documento técnico.
- Dávalos, G. P. A., Bujangos, R. y Narro, S. M. J. 2002. Tecnología de producción de fresa en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México 8 p. (Folleto para Productores No. 1).
- Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 088-Zamora. 2004. Estadísticas de superficie, producción y costo de los cultivos agrícolas. México.
- Doorembos, J. and Pruitt, W. O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. *In: Estudio FAO N° 24, riego y drenaje*, Roma, Italia. 193 p.
- Haynes, R. J. 1985. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. *Fert. Res.* 6:235-255.
- Hochmuth, G. J. 1995. Manejo de fertilizantes con riego por goteo para hortalizas. *In: Uso de la plasticultura para la producción intensiva de hortalizas*. p. 17-24.

- Hochmuth, G. J.; Albrechts, E. E.; Chandler, C. C.; Cornell, J. and Harrison, J. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:660-665.
- Hochmuth, G. J and Cordasco, K. 1999. A summary of N and K research with strawberry in Florida. *Fla. Coop. Ext. Serv.* HS 752.
- Johnson, G. V and W. Raun. 2003. Nitrogen response index as guide to fertilizer management. *J. Plant Nutr.* 26(2):249-262.
- Miner, G. S.; Poling, E. B.; Carroll, D. E. and Nelson, L. A. 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:290-295.
- Mohammad, M. J and Zuraiqi, S. 2003. Enhancement of yield and nitrogen water use efficiencies by nitrogen drip-fertigation of garlic. *J. Plant Nutr.* 26(9): 1749-1766.
- Monroy, J.; Vera-Nuñez, J. A.; Carrera, M. A.; Grageda-Cabrera, O. A. y Peña-Cabriales, J. J. 2002. Absorción de nitrógeno ( $^{15}\text{N}$ ) y productividad del agua por el cultivo de la fresa (*Fragaria X ananassa*) en "El Bajío", México. *Terra* 20(1):65-69.
- Pizarro F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia. Ediciones Mundi-Prensa. España. 471 p.
- Ramos-Lara C., Alcántar-González. G., Gálvis-Spínola, A., Peña-Lomelí, A. y Martínez-Garza, A. 2003. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra.* 20:465-469.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 1992. Proprietary Software release 6.04. Licenced to Colegio de Postgraduados, site 1339 6001. SAS Institute Inc. USA.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Michoacán. 2005. Estadísticas agropecuarias de Michoacán. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. México.
- Voth, V. 1991. *Pomology strawberry research*. Australian Berry Fruit Growers Federation. National Conference, Hobart, Australia.