

Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo*

Effect of fertilization doses with fertigation and conservation tillage in bean yield and soil properties

Miguel Ángel Martínez Gamiño¹, Cesario Jasso-Chaverría² y Jesús Huerta-Díaz³

¹Campo Experimental San Luis, INIFAP. ²Investigador en INIFAP hasta diciembre 31, 2011. ³Facultad de Agronomía, UASLP. Santos Degollado 1015-A, Col. Cuauhtémoc, 78287, San Luis Potosí, S. L. P. México. Autor para correspondencia: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx.

Resumen

Mediante el fertirriego y la labranza de conservación se pueden mejorar las propiedades del suelo y producir altos rendimientos de frijol. En el Campo Experimental San Luis del INIFAP, de 2007 a 2009 se establecieron trabajos de investigación con la combinación de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación. Los objetivos fueron: i) determinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo; ii) determinar el efecto de altas densidades de población en el rendimiento de frijol y iii) determinar el efecto del fertirriego contra el riego por gravedad con aplicación de los fertilizantes al suelo. Se evaluaron tres niveles de nitrógeno aplicados con la técnica del fertirriego: 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ y dos para potasio: 50 y 100 kg ha⁻¹. La preparación del suelo se realizó con el sistema de labranza de conservación (multiarado y rastra) y se agregó una parcela testigo con riego por gravedad y labranza tradicional de barbecho más rastra. Se utilizó la variedad Flor de Mayo M-38. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron muestreos de planta para determinar la concentración de nutrientes en el tejido vegetal y generar las curvas de extracción de NPK. Se realizaron muestreos de

Abstract

Through fertigation and conservation tillage can improve soil properties and produce high yields of bean. In the Experimental Field San Luis of INIFAP, from 2007 to 2009 research works were established by combining fertilization doses with fertigation and conservation tillage. The objectives were: i) determine the effect of different doses of nitrogen and potassium with fertigation and conservation tillage in bean yield and soil properties; ii) determine the effect of high population densities on bean yield and iii) determine the effect of fertigation against gravity irrigation with fertilizer application to the soil. We evaluated three levels of nitrogen, applied with the fertigation technique: 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ and two for potassium: 50 and 100 kg ha⁻¹. Land preparation was done with the conservation tillage system (multiple plow and harrow) and added a control plot with gravity irrigation and traditional tillage fallow plus harrow. It was used the May flower M-38 variety. The experimental design was a randomized block with four replications. During the development of the crop, plants were sampled to determine the concentration of nutrients in plant tissue and generate extraction curves NPK. Soil samplings were made to determine the percentage of organic matter and microbial

* Recibido: noviembre de 2011
Aceptado: junio de 2012

suelo para determinar el porcentaje de materia orgánica y la biomasa microbiana. Mediante el fertirriego y labranza de conservación se lograron obtener rendimientos que superaron en más de 100% al rendimiento obtenido con riego por gravedad y labranza convencional. Económicamente el tratamiento 100-100-50 obtuvo la mejor relación beneficio/costo que dosis mayores sin afectar el rendimiento.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., fertirriego, labranza de conservación.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es el cultivo de mayor importancia económica y social en San Luis Potosí, ya que forma parte importante en la alimentación humana, y representa una fuente de proteínas, especialmente para la población en el medio rural. La superficie sembrada anualmente en condiciones de riego es de 10 500 ha; con rendimiento medio de 1.15 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2010). Esta producción es considerada como baja, dado el potencial de rendimiento de las variedades que actualmente existen el mercado y a las condiciones agro-climáticas de las zonas productoras de frijol en el estado. Lo anterior indica la existencia de barreras asociadas al empleo de prácticas agrícolas tradicionales y un deficiente uso de insumos agrícolas.

En la producción de frijol destacan el empleo generalizado del sistema tradicional de preparación del suelo (barbecho y uno o dos pasos de rastra), sistema de preparación del suelo que no representa la mejor opción para las diferentes áreas productoras de frijol de riego en el estado; escaso uso de fertilizantes y uso ineficiente del agua de riego. En conjunto, estas prácticas originan que los rendimientos medios de frijol sean bajos y como consecuencia las ganancias derivadas de su explotación también sean limitadas.

En San Luis Potosí, la agricultura de subsistencia produce rendimientos muy por debajo del potencial del cultivo y en la agricultura empresarial aún falta incorporar tecnologías modernas de producción enfocadas a lograr una mayor eficiencia en el uso del agua de riego y de los fertilizantes, como la fertirrigación, (Rincón, 1991; Cadahia, 1998) y la labranza de conservación (Figuroa, 1982; Mannering y Foster, 1983; Lal, 1989; Matson, 1997; Reeves, 1997; Figuroa, 1999; Jasso *et al.*, 2002), técnicas que representan

biomass. Through fertigation and conservation tillage yields were achieved which exceeded 100% over the yield obtained with gravity irrigation and conventional tillage. Economically the treatment 100-100-50 had the best cost / benefit relation that higher doses without affecting yield.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., conservation tillage, fertigation.

Introduction

The bean (*Phaseolus vulgaris*) is the largest culture with economic and social importance in San Luis Potosí, as an important part in human food, and is a source of protein, especially for the rural population. The annual acreage under irrigation is 10 500 ha; with an average yield of 1.15 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2010). This production is considered to be low, given the yield potential of the varieties that are currently on the market and to the agro-climatic conditions of the bean-producing areas in the state. This indicates the existence of barriers associated with the use of traditional agricultural practices and poor use of agricultural inputs.

In bean production highlights the widespread use of traditional tillage (plowing and one or two steps of harrow), tillage system that does not represent the best choice for different irrigated bean growing areas in the state; scarce use of fertilizers and inefficient use of irrigation water. Together, these practices originate that the average yields of beans are low and as a result, gains from its exploitation are also limited.

In San Luis Potosí, subsistence farming produces yields below the crop's potential and in agriculture business, still need to incorporate modern production technologies aimed at achieving greater efficiency in the use of irrigation water and fertilizer, as fertigation, (Rincon, 1991; Cadahia, 1998) and conservation tillage (Figuroa, 1982; Mannering and Foster, 1983; Matson, 1997; Figuroa, 1999; Jasso *et al.*, 2002), techniques representing excellent alternatives to obtain a high efficient use of water and fertilizers, at the same time are obtained high yields and crop quality.

Fertilization through drip irrigation is currently the most efficient practice in crop production because it combines two of the most important factors for the growth and

excelentes alternativas para obtener alta eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, a la vez que se obtienen altos rendimientos y calidad en las cosechas.

La fertilización vía riego por goteo, en la actualidad es la práctica más eficiente en la producción de cosechas ya que combina dos de los factores de mayor importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas (nutrientes y agua). La correcta combinación de niveles entre estos dos elementos es importante para lograr altos rendimientos y calidad en las cosechas (Pizarro, 1996; Cadahia, 1998).

La fertirrigación es una técnica que tiene por objeto aprovechar el flujo hídrico para transportar los nutrientes que necesita la planta como complemento a los que le proporciona el suelo (Rincón 1991; Nathan, 1995; Burt, *et al.*, 1998). El fertirriego permite aprovechar el agua en zonas donde este recurso es limitado. Esta técnica es susceptible de aplicarse en una amplia gama de situaciones tanto por lo que se refiere a tipos de cultivos como a características de suelo y agua. En todos los casos se aplica en explotaciones intensivas, en las que el agua, como recurso limitado, debe ser utilizado con la mayor eficiencia posible (Pizarro, 1996).

En cultivos básicos, por desempeñar éstos más bien una función de tipo social y autoconsumo, la generación de tecnología en fertirrigación ha sido escasa y aún más lo ha sido la combinación de fertirrigación y labranza de conservación. En el estado de Sinaloa se están realizando trabajos de investigación sobre el uso de labranza de conservación y fertirriego en leguminosas, en donde se han obtenido resultados que permiten obtener incrementos en los rendimientos de estos cultivos en más del 50%, sin embargo; las investigaciones se han enfocado básicamente a medir el rendimiento del cultivo dejando a un lado los aspectos relacionados con la eficiencia en el uso del agua, la nutrición del cultivo y el efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Fundación Produce Sinaloa, 1999).

Al comparar los rendimientos de varios cultivos de grano en riego por gravedad y riego por goteo, se encontraron incrementos favorables al riego por goteo: Garbanzo 15%, cártamo 27%, soya 9%, frijol 27%. De manera general, se puede concluir de este estudio que los requerimientos de fertilizante y láminas de riego aplicadas a estos cultivos fueron 70% de los utilizados en el sistema de riego por gravedad (Mendoza, 2003).

development of plants (nutrients and water). The correct combination of levels between these two elements is important to achieve high yields and crop quality (Pizarro, 1996; Cadahia, 1998).

Fertigation is a technique that aims to harness the water flow to transport the nutrients that the plant needs as complement to those provided by the soil (Rincón, 1991; Nathan, 1995; Burt *et al.*, 1998). Fertigation allows using water in areas where water is limited. This technique is susceptible of application in a wide range of situations both as regards to types of crops as soil and water properties. In all cases is applied in intensive exploitations, in which the water, as a limited resource, must be used as efficiently as possible (Pizarro, 1996).

In staple crops, technology generation in fertigation has been scarce and further it has been the combination of fertigation and conservation tillage. In the state of Sinaloa conducting research on the use of conservation tillage and fertigation in legumes, where results have been obtained that allow to obtain increases in yields of these crops by more than 50%, however, the research have focused primarily on measuring the yield of the crop, leaving aside aspects related to water use efficiency, crop nutrition and the effect of conservation tillage on the physical, chemical and biological properties of the soil (Produce Foundation Sinaloa, 1999).

When comparing the yields of various crops of grain in gravity irrigation and drip irrigation, were found favorable increases for drip irrigation: 15% chickpea, safflower 27%, 9% soy, beans 27%. Generally, it can be concluded from this study that the fertilizer requirement and irrigation applied to these crops were 70% of those used in the gravity irrigation system (Mendoza, 2003).

In maize grown under drip irrigation system, the application of high concentrations of nitrogen and potassium combined with a high density of plants produced a yield of 18.5 t ha⁻¹ of grain; besides significantly reducing the overall water applied (Vulevas, 1999). For his part, González *et al.* (1999) reported a potential yield of 7.8 t ha⁻¹ in maize with fertigation and 6.2 t ha⁻¹, in maize with traditional fertilization; in regard to actual yield, the average with fertigation was 5.5 t ha⁻¹ and 3.78 t ha⁻¹ with soil fertilization. Bosco (1999) indicated that drip irrigation on maize, allowed to have a water saving of 50% without affecting crop yield.

En maíz cultivado bajo el sistema de riego por goteo, la aplicación de altas concentraciones de nitrógeno y potasio combinadas con una alta densidad de plantas produjeron un rendimiento de 18.5 t ha⁻¹ de grano, además de disminuir significativamente la lámina total de agua aplicada (Vuelvas, 1999). Por su parte, González *et al.* (1999), reportaron un rendimiento potencial de 7.8 t ha⁻¹ en maíz con fertirrigación y 6.2 ton ha⁻¹ en maíz con fertilización tradicional; en lo que se refiere a rendimiento real, la media con fertirrigación fue de 5.5 t ha⁻¹ y de 3.78 t ha⁻¹ con fertilización al suelo. Bosco (1999), indicó que el riego por goteo en maíz, permitió tener un ahorro de agua de 50% sin afectar el rendimiento del cultivo.

La labranza de conservación es un sistema de laboreo en el cual se emplean los residuos de cosecha y la rugosidad superficial del suelo se mantiene con el objeto de reducir el escurrimiento y controlar la erosión. La cantidad de residuos mínima recomendada para cubrir la superficie del suelo es 30%, ya que con esta cantidad se logra reducir aproximadamente 50% de la erosión del suelo, disminuir los costos de producción y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del entorno edáfico, en relación a un suelo sin cubierta de residuos en la superficie. La labranza de conservación representa una opción viable en el manejo de los suelos, particularmente en la producción de cultivos básicos (Mannering y Foster, 1983; Figueroa, 1999).

La preparación del suelo para la siembra es una parte fundamental del proceso de producción de los cultivos. La finalidad de esta práctica es la creación de características óptimas para el establecimiento y crecimiento de las plantas. La labranza se ha desarrollado tradicionalmente por dos razones: 1) remover la maleza; y 2) propiciar un ambiente adecuado en el suelo para que la semilla pueda germinar, las plántulas puedan desarrollarse y donde las raíces obtengan los nutrientes, agua y aire necesarios para su crecimiento (Figueroa, 1982).

La labranza de conservación es una de las opciones más viables para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, así como en la producción de los cultivos (Ángeles y Rendón, 1994 y Fregoso *et al.*, 2002). Reduce las pérdidas de nutrientes, incrementa la materia orgánica, la velocidad de infiltración, la flora y la fauna del suelo, consiste en utilizar la menor cantidad de maquinaria, a la vez que ayuda a mejorar el uso de los recursos utilizados, contribuyendo al equilibrio con el medio ambiente (Figueroa, 1982 y 1999).

Conservation tillage is a tillage system in which are used crop residues from harvest and soil surface roughness is maintained in order to reduce runoff and control erosion. The minimum recommended amount of waste to cover the surface of the soil is 30%, since this amount is achieved to reduce approximately 50% of soil erosion, reduce production costs and to improve physical, chemical and biological properties of the soil, in relation to a soil without a cover surface of residues. Conservation tillage is a viable option in the management of soils, particularly in the production of staple crops (Mannering and Foster, 1983; Figueroa, 1999).

The soil preparation for planting is a fundamental part of the process of crop production. The purpose of this practice is the creation of optimal characteristics for the establishment and growth of plants. Tillage has traditionally develop for two reasons: 1) remove weeds; and 2) to promote a suitable environment in the soil for the seed to germinate, the seedlings can thrive and where the roots obtain nutrients, water and air needed for its growth (Figueroa, 1982).

Conservation tillage is one of the most viable options for achieving sustainability of natural resources as soil and water, as well as in the production of crops (Angels and Rendón, 1994; Fregoso *et al.*, 2002). Reduce nutrient losses, increases organic matter, infiltration rate, the flora and fauna of soil, consist in using the least amount of equipment, while helping to improve the use of resources used, contributing to the balance with the environment (Figueroa, 1982 and 1999).

The present paper proposes the following objectives: i) to determine the effect of different doses of nitrogen and potassium with fertigation and conservation tillage in bean yield and soil properties, ii) determine the effect of high population densities in bean yield; and iii) determine the effect of fertigation against gravity irrigation with fertilizer application to the soil.

Materials and methods

During the agricultural cycles spring-summer (2007-2009) was conducted this research in the Experimental Field of San Luis from the National Institute of Research for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), located

El presente trabajo plantea los objetivos siguientes: i) determinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo; ii) determinar el efecto de altas densidades de población en el rendimiento de frijol; y iii) determinar el efecto del fertirriego contra el riego por gravedad con aplicación de los fertilizantes al suelo.

Materiales y métodos

Durante los ciclos agrícola primavera-verano (2007 a 2009) se realizó el presente trabajo de investigación en terrenos del Campo Experimental San Luis del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), situado en el km 14.5 de la carretera 57 tramo San Luis-Matehuala, ubicado en el ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. El suelo del sitio experimental se clasifica como Castañozem de textura franco arcillo arenoso con 1.4% de materia orgánica, pH de 8.1 y CE de 0.81 dS m⁻¹. El agua para riego posee una CE de 0.29 dS m⁻¹, RASaj de 1.26, baja en salinidad y sodicidad.

Se evaluaron tres niveles de nitrógeno: 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ y dos de potasio: 50 y 100 kg ha⁻¹, los factores y niveles se combinaron factorialmente generando seis tratamientos a los que se incluyeron dos testigos: 40-60-00 y riego por gravedad y este mismo tratamiento con riego por goteo, ambos con labranza tradicional, dando un total de 8 tratamientos (Cuadro 1). El fósforo y la densidad de plantas en los primeros seis tratamientos se mantuvieron constantes en 100 kg ha⁻¹ y 300 mil plantas ha⁻¹, la preparación del suelo se realizó de acuerdo al sistema de labranza de conservación.

at km 14.5 of Highway 57 stretch San Luis-Matehuala, located in Palma de la Cruz, municipality of Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. The soil of the experimental site is classified as Castanozem sandy clay loam with 1.4% organic matter, pH of 8.1 and EC of 0.81 dS m⁻¹. The irrigation water has an EC of 0.29 dS m⁻¹, 1.26 RASaj, low salinity and sodicity.

We evaluated three nitrogen levels: 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ and two of potassium: 50 and 100 kg ha⁻¹, the factors and levels were combined factorial generating six treatments to which were included two controls: 40-60 -00 and gravity irrigation and the same treatment with drip irrigation, both with traditional tillage, giving a total of 8 treatments (Table 1). The phosphorus and plant density in the first six treatments were kept constant at 100 kg ha⁻¹ and 300 000 plants ha⁻¹, soil preparation was done according to the system of conservation tillage.

For treatments with traditional tillage (TT) the soil preparation consisted of fallow to 0.3 m deep with a disc plow. For conservation tillage treatments (CT), the soil was plowed with an implement called "multi plow", implement that has the distinction of forming a good seedbed and promotes an adequate porosity in the soil without inverting the profile. Later harrowing in both tillage methods was made. In TT the distance between rows was 0.8 m, while in CT, seedbeds were made with a spacing of 1.60 m between beds, subsequently deposited 2 t ha⁻¹ of dry corn stover to cover approximately 30% of ground surface.

For planting was used the variety May Flower M-38, variety of indeterminate growth habit, flowering and maturity varies in function of the planting season and climatic

Cuadro 1. Lista de tratamientos evaluados en frijol cultivado con fertirriego y labranza de conservación. Campo Experimental San Luis.

Table 1. List of treatments evaluated in beans grown with fertigation and conservation tillage. Experimental Field San Luis.

Tratamiento Núm.	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹	Sistema de Riego	Sistema de labranza
1	100	100	50	Goteo	LC
2	150	100	50	Goteo	LC
3	200	100	50	Goteo	LC
4	100	100	100	Goteo	LC
5	150	100	100	Goteo	LC
6	200	100	100	Goteo	LC
7	40	60	0	Goteo	LT
8	40	60	0	Gravedad	LT

LC= labranza de conservación; LT= labranza tradicional.

Para los tratamientos con labranza tradicional (LT) las labores de preparación del suelo consistieron en barbecho a 0.3 m de profundidad con el arado de discos. Para los tratamientos de labranza de conservación (LC) se roturó el suelo con el implemento denominado “multiarado”, implemento que tiene la particularidad de formar una buena cama de siembra y propiciar adecuada porosidad en el suelo sin invertir el perfil. Posteriormente se dio un paso de rastra en ambos métodos de preparación del suelo. En LT la distancia entre surcos fue de 0.8 m, mientras que en LC se construyeron camas de siembra con una separación de 1.60 m entre camas, posteriormente se depositaron 2.0 t ha⁻¹ de rastrojo seco de maíz para cubrir aproximadamente en 30% la superficie del suelo.

Para la siembra se utilizó la variedad Flor de Mayo M-38, variedad de hábito indeterminado, la floración y madurez varía en función de la época de siembra y de las características climáticas de la región. En siembras de verano florece entre los 50 y 55 días después de la siembra y madura entre los 100 y 110 días, es tolerante a la roya y resistente al virus del mosaico común, tolerante a bacteriosis o tizón común. En condiciones favorables de suelo y clima, y con un manejo agronómico adecuado, la variedad Flor de Mayo M-38 puede rendir hasta 4 t ha⁻¹.

La siembra se realizó con tractor utilizando la sembradora para labranza cero Modelo OL-U. La semilla se depositó a una distancia de 0.08 m entre plantas y de 0.8 m entre hileras (156 250 plantas por ha⁻¹) a una profundidad de 5 a 6 cm para los tratamientos de LT. Para los tratamientos de LC la semilla se depositó a una distancia de 0.08 m entre plantas y de 0.30 m entre hileras dobles (312 500 plantas ha⁻¹). En este caso se establecieron cuatro hileras de plantas por cama de siembra.

La fertilización se aplicó a través del riego por goteo mediante un dispositivo venturi, el cual permitió dosificar la fertilización en forma individual a cada unidad experimental, con frecuencia de tres veces por semana y de acuerdo a la demanda del cultivo. Para la aplicación del riego se utilizaron sensores de humedad colocados en los estratos 0.00-0.15 y 0.15-0.30 m del perfil del suelo y mantenidos en un rango de humedad que varió entre 15-25 centibares.

En campo, los tratamientos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por tres camas de 1.60 m de ancho y 12.50 m de longitud y la parcela útil por la cama central en 10 m de longitud. En el tratamiento que incluyó riego por gravedad y labranza tradicional, la unidad

characteristics of the region. In summer planting flowers between 50 and 55 days after planting and mature between 100 and 110 days, is tolerant to rust and resistant to common mosaic virus, tolerant to bacteriosis or common blight. Under favorable conditions of soil and climate, and with appropriate agronomic management, the May Flower M-38 variety can yield up to 4 t ha⁻¹.

Sowing was done with tractor using a zero tillage planter Model OL-U. The seed is deposited at a distance of 0.08 m between plants and 0.8 m between rows (156 250 plants ha⁻¹) at a depth of 5 to 6 cm for the treatment of TT. For CT treatments the seed was deposited at a distance of 0.08 m between plants and between double rows 0.30 m (312 500 plants ha⁻¹). In this case four rows of plants were set per seedbed.

Fertilization was applied through drip irrigation with a venturi device, which allowed dosing the fertilization individually to each experimental unit, often three times a week and according to crop demand. For the application of irrigation were used humidity sensors placed in the strata 0.00-0.15 and 0.15- 0.30 m from soil profile and kept in a humidity range that varied between 15-25 centibars.

In the field, the treatments were established under an experimental design of randomized blocks with four replications. The experimental plot consisted of three beds of 1.60 m wide and 12.50 m long and useful plot by the central bed in 10 m length. In the treatment that included gravity irrigation and traditional tillage, the experimental unit was 6 rows of 0.80 m wide and 12.50 m long, with useful plot in the two central rows in 10 m long.

During the crop development, plants were sampled periodically and its different organs to estimate dry matter production in each of them, as well as the concentration of nutrients in plant tissue, to finally with this information generate the curves of extraction for NPK. In the conservation tillage treatments and traditional tillage soil samples were taken from 0.00- 0.050 m, 0.050- 0.10m and 0.10- 0.15 m deep to determine organic matter and C and N in the soil microbial biomass. Organic matter was determined by the method of Walkley and Black (Nelson and Summers, 1982) and the C and N were estimated using the chloroform fumigation-incubation method, developed by Jenkinson and Powlson (1975), with the modifications indicated by Salinas *et al.* (2002) and cited by Fregoso (2005). The infiltration rate was determined by the method of double

experimental fue de 6 surcos de 0.80 m de ancho y 12.50 m de longitud, teniendo como parcela útil los dos surcos centrales en 10 m de longitud.

Durante el desarrollo del cultivo, periódicamente se realizaron muestreos de planta y sus diferentes órganos para estimar la producción de materia seca en cada uno de ellos, así como también determinar la concentración de nutrientes en el tejido vegetal, para finalmente con esta información generar las curvas de extracción de NPK. En los tratamientos de labranza de conservación y en labranza tradicional se realizaron muestreos de suelo en las profundidades 0.00-0.050 m, 0.050-0.10 m y 0.10-0.15 m para determinar materia orgánica y el C y N en la biomasa microbiana del suelo. La materia orgánica se determinó con el método de Walkley y Black (Nelson y Summers, 1982) y el C y N se estimaron utilizando el método de fumigación con cloroformo-incubación, desarrollado por Jenkinson y Powelson (1975), con las modificaciones indicadas por Salinas *et al.* (2002) y citadas por Fregoso (2005). Se determinó la velocidad de infiltración con el método del doble cilindro; densidad aparente con cilindros de volumen conocido y resistencia a la penetración con un penetrómetro de martillo (Osuna, 2000). Al final del ciclo, se evaluó el rendimiento de grano y sus componentes. Se realizó un análisis de varianza para los ocho tratamientos y un análisis factorial para los seis primeros tratamientos. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados

Velocidad de infiltración

Una de las bondades de la labranza de conservación es el incremento en la velocidad de infiltración. La explicación a este efecto es que con el uso de la labranza de conservación, los agregados del suelo no se destruyen, manteniendo una continuidad en la porosidad formada por la estructura del suelo, las raíces de las plantas y la edafo-fauna. Al mantener la porosidad del suelo, las propiedades hidráulicas del mismo se ven beneficiadas, especialmente la velocidad de infiltración.

Los valores registrados durante la prueba de infiltración en los tratamientos con labranza tradicional (LT) y labranza de conservación (LC) al inicio del ciclo del cultivo no reportaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). En la Figura 1 se distingue que los valores registrados con LT y LC durante la prueba de infiltración fueron muy similares,

cylinder; apparent density of known volume cylinders and resistance to penetration of a penetrometer hammer (Osuna, 2000). At the end of the cycle, were evaluated grain yield and its components. An analysis of variance was made for the eight treatments and a factorial analysis to the first six treatments. Comparison of means was performed using the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Results

Infiltration rate

One of the benefits of conservation tillage is the increase in the infiltration rate. The explanation for this effect is that with the use of conservation tillage, soil aggregates are not destroyed, maintaining continuity in the porosity formed by the soil structure, the roots of the plants and the edaphic-fauna. By maintaining soil porosity, hydraulic properties thereof are benefited, especially the infiltration rate.

The data recorded during the infiltration test in the treatments of traditional tillage (TT) and conservation tillage (CT) at the beginning of the crop cycle reported no statistically significant differences ($p \leq 0.05$). In Figure 1 it distinguishes that the values registered with TT and CT during the infiltration test were very similar, with only a favorable trend in TT, increasing up to 0.10 m hr^{-1} the value of the initial infiltration in relation to obtained in CT. The low infiltration rate in CT was logical considering that the soil was harrowed after the use of the multiple plow to break up the clods and avoid problems with plant emergence. This caused a destruction of the surface porosity of the ground, reason why the infiltration was very similar to that recorded in TT. At the end of the bean cycle, infiltration with CT, even if statistically was equal to that reported in TT, manifested an increase over 100% in the initial infiltration (Figure 2). This increase in the infiltration rate in CT is due to the fact that the soil was not removed with hilling or weeding as TT.

Soil resistance to penetration

Soil resistance to penetration was measured in the strata of 0.00- 0.10 m and from 0.10-0.20 m depth, both in conservation tillage as in traditional tillage. For this purpose was used a hammer penetrometer, the data of number of strokes were converted to kg cm^{-2} by using the equation $Y = 2.88X + 2.38$ (Osuna, 2000).

con solo una tendencia favorable en LT, al incrementar hasta en 0.10 m hr⁻¹ el valor de la infiltración inicial en relación con lo obtenido en LC. La baja velocidad de infiltración en LC fue lógica si se considera que el suelo se rastreó después del uso del multirrado para desbaratar los terrones grandes y evitar problemas con la emergencia de las plantas. Lo anterior ocasionó una destrucción de la porosidad en la superficie del suelo, razón por la cual la infiltración fue muy parecida a la registrada en LT. Al final del ciclo del frijol, la infiltración con LC, aún y cuando estadísticamente fue igual a la reportada en LT, manifestó un incremento mayor a 100% en la infiltración inicial (Figura 2). Este incremento en la velocidad de infiltración en LC se debió al hecho de que el suelo no se removió con aporques o escardas como en LT.

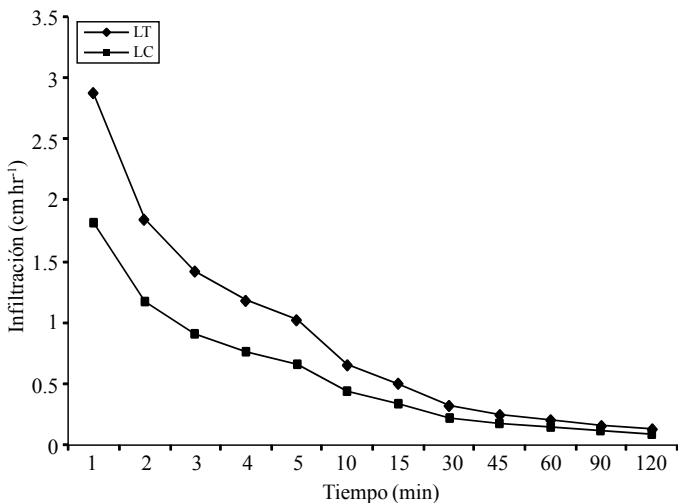


Figura 1. Efecto de los sistemas de labranza; tradicional (LT) y de conservación (LC), en la Infiltración del agua en el suelo cultivado con frijol en régimen de fertirriego al inicio del ciclo del cultivo. Campo Experimental San Luis.
Figure 1. Effect of tillage systems; traditional (TT) and conservation (CT), in water infiltration in soil cultivated with beans in a fertigation regime at the beginning of the crop cycle. Experimental Field San Luis.

Resistencia del suelo a la penetración

La resistencia del suelo a la penetración se midió en los estratos de 0.00-0.10 m y de 0.10-0.20 m de profundidad tanto en labranza de conservación como en labranza tradicional. Para ello se utilizó un penetrómetro de martillo, los datos de número de golpes fueron transformados a kg cm⁻² mediante la utilización de la ecuación $Y = 2.88X + 2.38$, (Osuna, 2000).

En la Figura 3 se observa que en ambos tipos de labranza (LC y LT), no hubieron diferencias ($p \leq 0.05$) en resistencia a la penetración en ninguna de las dos profundidades estudiadas,

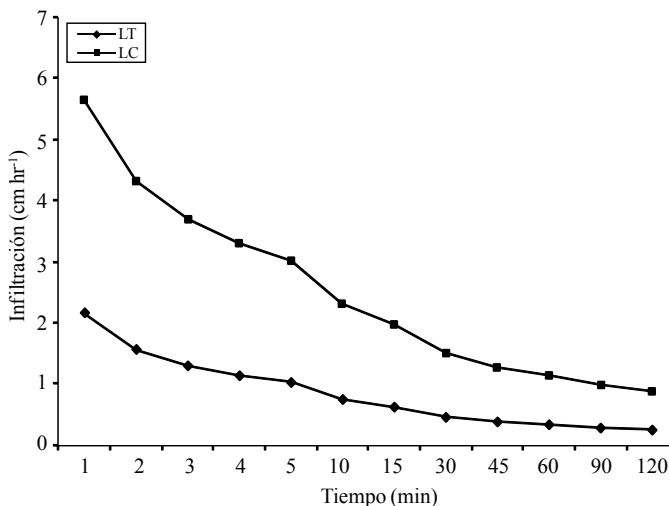


Figura 2. Efecto de los sistemas de labranza; tradicional (LT) y de conservación (LC), en la infiltración del agua en el suelo cultivado con frijol en régimen de fertirriego al final del ciclo de cultivo. Campo Experimental San Luis.
Figure 2. Effect of tillage systems; traditional (TT) and conservation (CT) in water infiltration in soil cultivated with beans in a fertigation regime at the end of the crop cycle. Experimental Field San Luis.

Figure 3 shows that in both types of tillage (CT and TT), there were no differences ($p \leq 0.05$) in resistance to penetration in neither of the two depths studied, situation expected, because in conservation tillage was left a cover of corn stubble on the soil surface and less movement of the topsoil was made during land preparation.

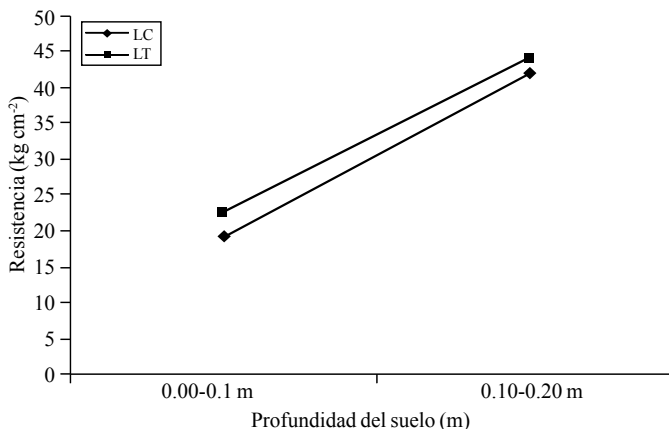


Figura 3. Resistencia del suelo a la penetración en los sistemas de labranza; tradicional (LT) y de conservación (LC) en frijol cultivado en régimen de fertirriego al final del ciclo de cultivo. Campo Experimental San Luis.
Figure 3. Soil resistance to penetration in tillage systems; traditional (TT) and conservation (CT) in cultivated bean in a fertigation regime at the end of the crop cycle. Experimental Field San Luis.

situación que era de esperarse, debido a que en labranza de conservación se dejó una cubierta de rastrojo de maíz sobre la superficie del suelo y se realizó menor movimiento de la capa arable durante la preparación del suelo.

Materia orgánica (MO)

Una de las propiedades que afecta favorablemente la labranza de conservación es el contenido de materia orgánica en el suelo. Los resultados del análisis de materia orgánica del suelo muestreados después de la cosecha para los estratos 0.00-0.05, 0.05-0.10 y 0.10-0.15 m de profundidad se presentan en el Cuadro 2. Al comparar los porcentajes de M.O determinados en los sistemas de labranza de conservación y labranza tradicional, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Dinámica de la materia orgánica, carbono y nitrógeno en la biomasa microbiana del suelo, en frijol cultivado en régimen de fertirriego. Campo Experimental San Luis.

Table 2. Dynamic of organic matter, carbon and nitrogen in soil microbial biomass in cultivated beans, in fertigation system. Experimental Field San Luis.

Profundidad (m)	MO (%)		C en biomasa microbiana (kg ha ⁻¹)		N en biomasa microbiana (kg ha ⁻¹)	
	LC	LT	LC	LT	LC	LT
0.00 - 0.05	2.2a	1.9a	806.9a	655.0a	25.9a	22.3a
0.05 - 0.10	2.2a	2.2a	747.4a	831.9a	17.6a	11.1b
0.10 - 0.15	2.3a	1.8a	800.0a	853.6a	10.8a	8.5a
0.0 - 0.15			2354.3a	2340.5a	54.4a	42.0a

LC= labranza de conservación; LT= labranza tradicional.

Carbono en la biomasa microbiana

La dinámica del contenido de carbono (t ha⁻¹) en la biomasa microbiana del suelo, para los estratos 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 y 0.10-0.15 m de profundidad, se presenta en el Cuadro 2. Al igual que para el caso de MO, en este caso no existieron diferencias significativas entre sistemas de labranza ($p \leq 0.05$), tampoco las hubo para las profundidades de suelo muestreadas.

Nitrógeno en la biomasa microbiana

La dinámica del contenido de nitrógeno en la biomasa microbiana del suelo, en los estratos 0.00-0.05, 0.05-0.10 y 0.10-0.15 y 0.00-0.15 m de profundidad, en los sistemas de labranza de conservación y labranza tradicional se presenta en el Cuadro 2. Aún y cuando el nitrógeno en la biomasa microbiana solo fue significativamente mayor para el sistema de labranza de conservación en el estrato

Organic matter (OM)

One of the properties that favorably affect conservation tillage is the content of organic matter in the soil. The results of organic matter from soil analysis, sampled after harvest for strata from 0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.15 m depth are presented in Table 2. Comparing the percentages of OM in the tillage systems of conservation and traditional, statistical analysis found no significant differences ($p \leq 0.05$).

Microbial biomass carbon

The dynamic of the carbon content (t ha⁻¹) on soil microbial biomass, for strata 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 and 0.10-0.15 m depth, is presented in Table 2. As for the OM case, in this case there were no significant differences between tillage systems ($p \leq 0.05$), nor are there for sampled soil depths.

Microbial biomass nitrogen

The dynamics of the nitrogen content in soil microbial biomass in strata 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 and 0.00-0.15 m depth, in tillage systems of conservation and traditional are presented in Table 2. Even as the nitrogen in the microbial biomass was significantly higher for conservation tillage system in the strata from 0.05-0.10 m depth, the general trend was towards greater accumulation of N in conservation tillage in all soil depths sampled. We also observed the existence of a higher concentration of nitrogen in the stratum from 0.00-0.05 cm of soil depth, stratum in which concentrate the highest amount of OM and microbial activity.

Bean yield and its components

The results showed significant differences in terms of grain yield and its components in response to the application of fertilizer treatments on drip irrigation and conservation

0.05 - 0.10 m de profundidad, la tendencia general fue hacia una mayor acumulación de N en labranza de conservación en todas las profundidades de suelo muestreadas. También se observó la existencia de una mayor concentración de nitrógeno en el estrato 0.00-0.05 cm de profundidad del suelo, estrato en el que se concentra la mayor cantidad de MO y de la actividad microbiana.

Rendimiento de frijol y sus componentes

Los resultados mostraron diferencias importantes en cuanto a rendimiento de grano y en sus componentes, como respuesta a la aplicación de los tratamientos de fertilización en riego por goteo y con labranza de conservación. El análisis de varianza reportó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el número de vainas por planta y para el rendimiento de grano ($p \leq 0.01$); para las demás variables no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 3).

Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparar los valores medios de las variables significativas se encontró que al aplicar la dosis de fertilización tradicional que se recomienda para frijol en riego por gravedad (40-60-00) a través del riego por goteo y dosificada durante el ciclo del cultivo, el rendimiento de frijol pasó de 2.530 t ha⁻¹ a 3.995 t ha⁻¹, representando un incremento de 58%.

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en frijol cultivado con fertirriego y labranza de conservación. Campo Experimental San Luis.

Table 3. Analysis of variance for grain yield and its components in cultivated bean with fertigation and conservation tillage. Experimental Field San Luis.

Componente	Pr>F	CV
Vainas por planta	0.0469*	17.38
Granos por vaina	0.9794	14.29
Peso de 100 granos	0.8527	4.79
Rendimiento de grano	0.0002**	11.23
Rendimiento de tazol	0.1415	14.3

** Significativo al 0.01y *Significativo al 0.05 de probabilidad.

El mayor rendimiento de grano se obtuvo al aplicar el tratamiento 200-100-50 en el agua riego y con labranza de conservación, cuyos rendimientos fueron del orden de 5.113 t ha⁻¹ de grano ajustado al 12% de humedad. El rendimiento de este tratamiento superó 102% al obtenido con el tratamiento tradicional y riego por gravedad (Cuadro 4), además de la

tillage. The ANOVA reported significant differences ($p \leq 0.05$) for the number of pods per plant and grain yield ($p \leq 0.01$); for the other variables were not detected significant differences (Table 3).

When performing the Tukey test ($p \leq 0.05$) to compare the mean values of the significant variables, was found that applying the traditional fertilization doses recommended for bean in gravity irrigation (40-60-00) through irrigation drip and dosed during the crop cycle, bean yield increased from 2 530 t ha⁻¹ to 3 995 t ha⁻¹, representing an increase of 58%.

The highest grain yield was obtained when applied the treatment 200-100-50 in the irrigation water and conservation tillage, whose yields were on the order of 5 113 t ha⁻¹ of grain adjusted at 12% moisture. The yield of this treatment exceeded 102% to that obtained with traditional treatment and gravity irrigation (Table 4), in addition to obtaining higher production of Tazol (stubble). These results agree with those reported by other authors (González *et al.*, 1999; Mendoza, 2003).

Cuadro 4. Prueba de medias para las variables significativas en frijol con fertirriego y labranza de conservación. Campo Experimental San Luis.

Table 4. Means test for significant variables in beans with fertigation and conservation tillage. Experimental Field San Luis.

Tratamiento	Vainas por planta	Rendimiento de grano (ton ha ⁻¹)
100-100-50-RG	18.50ab	4.744 ^a
150-100-50-RG	14.10b	4.849 ^a
200-100-50-RG	18.70ab	5.113 ^a
100-100-100-RG	20.13ab	4.524 ^a
150-100-100-RG	21.20ab	4.878 ^a
200-100-100-RG	19.63ab	5.031 ^a
40-60-00-RG	25.83 ^a	3.995 ^a
40-60-00-RGr	21.17ab	2.530 ^b

Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); RG= riego por goteo, RGr= riego por gravedad.

By statistically analyzing the first six treatments according to a complete factorial, only the K factor was significant for the variable number of pods per plant (Table 5). The results confirm that the bean crop, just because the injected dose 40-60-00, which is the recommendation of soil fertilization for bean irrigation in San Luis Potosi (Jasso and Martínez, 2012), in drip irrigation and dose it during crop development by phenological stage contributes significantly to increase grain yield.

obtención de mayor producción de tazol. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores (González *et al.*, 1999; Mendoza, 2003).

Al analizar estadísticamente los seis primeros tratamientos de acuerdo a un factorial completo, sólo el factor K fue significativo para la variable número de vainas por planta (Cuadro 5). Los resultados confirman que en el cultivo de frijol, el sólo hecho de inyectar la dosis 40-60-00, la cual es la recomendación de fertilización al suelo para el frijol de riego en San Luis Potosí, (Jasso y Martínez, 2012), en el riego por goteo y dosificarla durante el desarrollo del cultivo por etapa fenológica contribuye de manera importante a incrementar el rendimiento de grano.

Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en frijol con fertirriego y labranza de conservación. Campo Experimental San Luis.

Table 5. Analysis of variance for grain yield and its components in bean with fertigation and conservation tillage. Experimental Field San Luis.

Fuente de variación	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos	Rend. de grano	Rend. de tazol
Factor N	0.560	0.837	0.343	0.258	0.522
Factor K	0.033*	0.782	0.862	0.640	0.555
Interacción	0.168	0.689	0.863	0.360	0.989
C.V.	15.37	13.39	4.51	12.05	15.18

*Significativo al 0.05 de probabilidad.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten inferir que bajo las condiciones en que se realizó la investigación y para los rendimientos obtenidos, el tratamiento 100-100-50 fue suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo, por lo que aplicaciones mayores no afectaron significativamente los rendimientos de grano y tazol.

Curvas de extracción de NPK

Las curvas de extracción de nutrientes proporcionan una idea acerca de las cantidades de nutrientes que los cultivos demandan a través de su ciclo biológico, por lo que son una herramienta fundamental en la programación del fertilizante a aplicar durante el desarrollo del cultivo. En la Figura 4 se presentan las curvas de extracción de nutrientes para NPK en el cultivo de frijol variedad M-38 cultivado con fertirriego y labranza de conservación. Para NK podemos observar que la demanda de éstos nutrientes durante los primeros 45 días después de la siembra (dds) es muy baja, debido principalmente a que la planta está en el proceso inicial de desarrollo y la formación de biomasa es baja, comparada con las etapas posteriores. De los 45 a los 86 dds se presenta un período de alta demanda de NK, período que abarca la pre-

The results obtained in this study allow us to infer that under the conditions in which the research was conducted and the yields obtained, 100-100-50 treatment was sufficient to meet the nutritional requirements of the crop, so higher applications did not significantly affect the grain yields and Tazol (stubble).

NPK extraction curves

The nutrient extraction curves provide an idea about the amounts of nutrients that crops demand through its life cycle, so they are a fundamental tool in programming the fertilizer application during the crop development. Figure 4 shows the nutrients extraction curves for NPK

in the bean crop variety M-38 grown with fertigation and conservation tillage. For NK we can see that the demand for these nutrients during the first 45 days after planting (DAP) is very low, mainly because the plant is in the initial process of development and formation of biomass is low, compared with the later stages. From the 45 to the 86 DAP presents a high demand period of NK, period that covers the pre-flowering, flowering and early formation of green beans, stages in which the rate of formation of biomass and photosynthetic capacity of the plant is also high.

Finally there is a period in which the plant minimizes the foliage and stem growth, to send a greater amount of nutrients to the reproductive zone for the formation and grain filling; particularly the K is sent in greater concentration towards the grain. In the case of phosphorus, the tendency of extraction was similar to that observed for NK, just that the plant demand was much lower throughout the crop cycle, being this less than 50 unit's ha⁻¹ (Figure 4).

In order to generate equations to predict the extraction of NPK in the bean variety M-38 grown in fertigation regime and conservation tillage during the crop cycle,

floración, floración e inicio de formación de ejote, etapas en que la velocidad de formación de biomasa y la capacidad fotosintética de la planta es también alta.

Finalmente se observa un período en que la planta disminuye al mínimo el crecimiento de follaje y tallo, para enviar una mayor cantidad de nutrientes hacia la zona reproductiva para la formación y llenado de grano; particularmente el K es enviado en mayor concentración hacia el grano. En el caso del fósforo, la tendencia de extracción fue similar a la observada para NK, sólo que la demanda de la planta fue mucho menor durante todo el ciclo de cultivo, siendo esta menor a las 50 unidades ha^{-1} (Figura 4).

Con el objeto de generar ecuaciones para predecir la extracción de NPK en frijol variedad M-38 cultivado en régimen de fertirriego y labranza de conservación durante el ciclo del cultivo, se ajustaron ecuaciones de predicción a las observaciones de los nutrientes en estudio. Las ecuaciones se muestran a continuación:

$$N = -0.0079X^2 + 2.1697X - 70.262 \text{ con } R^2 = 0.970$$

$$P = 0.0039X^2 - 0.0727X - 1.1146 \text{ con } R^2 = 0.992$$

$$K = -0.0071X^2 + 4.2421X - 115.73 \text{ con } R^2 = 0.934.$$

Análisis económico

Los resultados del análisis económico para frijol se presentan en el Cuadro 6, en donde se obtuvieron los costos variables para los diferentes tratamientos. Con excepción del tratamiento 40-60-00 aplicado al suelo, con riego por gravedad y labranza tradicional, los demás tratamientos tuvieron una relación beneficio costo igual o superior a 2, siendo el tratamiento 200-100-50 con riego por goteo y labranza de conservación el que originó la mayor relación B/C (2.13) lo que indica que por cada peso que el agricultor invierte en el proceso de producción de frijol, aplicando la dosis 200-100-50 a través del riego por goteo obtendrá 2.13 pesos, haciendo de esta manera atractiva la explotación de frijol. Es conveniente señalar que además de los costos de producción del cultivo, se incluyeron los costos del sistema de riego por goteo con un periodo de amortización a cinco años.

Al incrementar las dosis de nitrógeno, fósforo e incluir una fertilización con potasio se incrementó el costo relativo de producción, el cual no fue compensado por un mayor

the prediction equations were fitted to the observations of the nutrients under study. The equations are shown below:

$$N = -0.0079X^2 + 2.1697X - 70.262 \text{ con } R^2 = 0.970$$

$$P = 0.0039X^2 - 0.0727X - 1.1146 \text{ con } R^2 = 0.992$$

$$K = -0.0071X^2 + 4.2421X - 115.73 \text{ con } R^2 = 0.934.$$

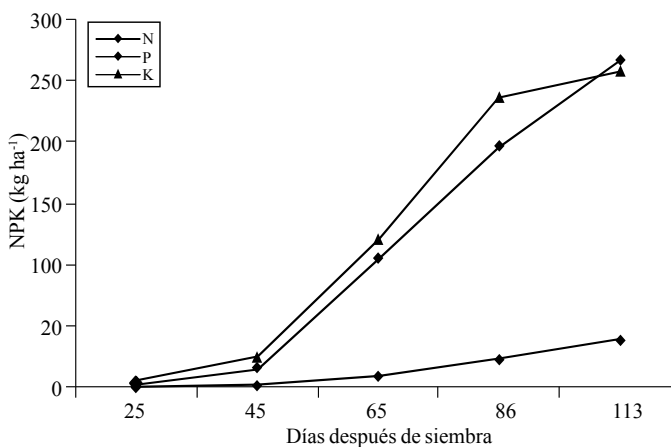


Figura 4. Curva de extracción de NPK en frijol cultivado con fertirriego y labranza de conservación.

Figure 4. Extraction curve of NPK in cultivated bean with fertigation and conservation tillage.

Economic analysis

The results of the economic analysis for bean are presented in Table 6, where variable costs were obtained for the different treatments. Except 40-60-00 treatment applied to the soil, with gravity irrigation and traditional tillage, the other treatments had a relation of benefit cost equal or higher than 2, where the treatment 200-100-50 with drip irrigation and conservation tillage which originated the highest relation B/C (2.13) indicating that for every 0.08 cents of dollar (equivalent to 1 peso) that the farmer invests in the production process of bean, applying the dose 200-100-50 through drip irrigation will get 0.16 cents of dollar (02.13 pesos), thus making the production of bean attractive. It should be noted that in addition to the costs of crop production, costs were included for the drip irrigation system with a payback period of five years.

By increasing the doses of nitrogen, phosphorus and include the fertilization with potassium increased the relative cost of production, which was not offset by a

incremento en la producción de tal manera que resultará poco atractivo para los productores aumentar la fertilización a dosis mayores de 100-100-50.

larger increase in production so that will be unattractive to producers to increase fertilization at higher doses of 100-100-50.

Cuadro 6. Análisis económico para los diferentes tratamientos evaluados en frijol cultivado con fertirriego y labranza de conservación. Campo Experimental San Luis.

Table 6. Economic Analysis for the different treatments evaluated in cultivated bean with fertigation and conservation tillage. Experimental Field San Luis.

N	P ₂ O ₅	Tratamiento			Beneficio \$	Costos Variables \$	B/C
		K ₂ O	Riego	Laboreo			
100	100	50	Goteo	LC	26 133	12 542	2.08
150	100	50	Goteo	LC	26 814	12 866	2.08
200	100	50	Goteo	LC	28 213	13 230	2.13
100	100	100	Goteo	LC	25 480	13 042	2.00
150	100	100	Goteo	LC	26 847	13 386	2.00
200	100	100	Goteo	LC	27 728	13 730	2.02
40	60	00	Goteo	LT	21 971	10 523	2.09
40	60	00	Gravedad	LT	14 563	11 100	1.31

LC= labranza de conservación; LT= labranza tradicional.

Es importante hacer notar que la aplicación del tratamiento de fertilización 40-60-00 para el cultivo de frijol en riego por gravedad con labranza tradicional, debido a su rendimiento limitado, las ganancias derivadas de su explotación son bajas, por lo que es de vital importancia la implementación de técnicas de producción modernas que contribuyan a la eficiencia del agua para riego y de los nutrientes, a la vez que sean capaces de originar altos rendimientos y mejor calidad de grano, y por ende la obtención de mayores beneficios derivados de la explotación de frijol en áreas de riego.

Conclusiones

Mediante el fertirriego y labranza de conservación se lograron obtener rendimientos que superaron en más de 100% al rendimiento obtenido con el tratamiento testigo.

La implementación de esta tecnología a nivel comercial, contribuirá de manera importante a hacer rentable el cultivo en las diferentes áreas productoras de frijol de riego en el estado, además de lograr una mayor eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes.

Se confirmó que las curvas de extracción de NPK son una herramienta básica para realizar una adecuada fertilización, acorde a las necesidades del cultivo por etapa fenológica.

It is important to note that the application treatment of fertilizer 40-60-00 for the bean crop in gravity irrigation with conventional tillage, because of their limited yield, gains from its exploitation are low, so it is of vital importance the implementation of modern production techniques that contribute to the efficiency of irrigation and nutrients, while being capable of generating high yields and better grain quality, and thus to obtain greater benefits from the exploitation of bean in irrigated areas.

Conclusions

Through fertigation and conservation tillage yields were achieved which exceeded 100% over the yield obtained with the control treatment.

The implementation of this technology on a commercial level, will contribute significantly to make profitable the bean crop in the different producing areas under irrigation in the state, as well as higher efficiency in the use of water and fertilizer.

We confirmed that the extraction curves NPK are a basic tool for proper fertilization, according to crop requirements for phenological stage.

End of the English version



Literatura citada

- Ángeles, J. M. y Rendón, P. 1994. Riego eficiente y labranza de conservación en una rotación trigo-sorgo para Guanajuato. México. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 7b. Acapulco, Guerrero. 127-128 pp.
- Bosco, G. M. J. 1999. Producción de maíz con riego por goteo. Tecnologías llave en mano. INIFAP. México, D. F. 13-14 pp.
- Burt, C.; O'Connor, K and Ruehr, T. 1998. Fertigation. The irrigation training and reseach center. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, CA, USA. 295 p.
- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México. 475 p.
- Figueroa, S. B. 1982. La investigación en labranza en México. Memorias del XV Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. México, D. F. 273 p.
- Figueroa, S. B. 1999. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 273 p.
- Fundación Produce de Sinaloa, 1999. Uso de labranza de conservación y fertirriego en leguminosas. FPS. Culiacán, Sinaloa.
- Fregoso, T. L. E.; Salinas, G J. R.; Cabrera, S. J. M.; Flores, A.; Morrison Jr, J. E. y Lepon, W. 2002. Efecto de sistemas de labranza sobre la calidad de vertisoles en el Bajío. Publicación técnica Núm. 1 CENAPROS-INIFAP-SAGARPA. 42 p.
- Fregoso, T. L. E. 2005. Efecto de sistemas de labranza/manejo de residuos sobre la dinámica de biomasa microbiana de un Vertisol. *In*: Sánchez-Brito, C. (ed). Avances de investigación en agricultura sostenible III: bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. INIFAP-CENAPROS, Morelia, Michoacán, México. 221-243 p.
- González, M. G.; Ramírez, J. L.; Pérez, M. A.; Turrent, F. y Piña, R. J. 1997. Maíz de alta productividad con fertigación en la zona enequenera. SAGAR. INIFAP. 22 p.
- Hotchmuth, G. J. 1992. Tomato fertilizer management: *In*: Proceedings Florida Tomato Institute. C. S. Vavrina (ed.) SS HOS 1. IFAS. UF. 39 p.
- Hochmuth, G. J. 1995. Fertilization of vegetables crops in Florida, USA. Dahlia.
- Jasso, Ch.; Martínez, G. C.; Jesús, H. D. and Mitchell, J. P. 2002. Increasing Corn and bean yields with conservation tillage and fertigation in North-Central México. *In*: Proceedings 2002 Annual Meetings. Am. Soc. Agron.
- Jenkinson, D. S. and Powlson, D. S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring microbial biomass. *Soil Biol. Bioch.* 8:209-213.
- Mannering, J. V. and Foster, C. R. 1983. What is conservation tillage? *J. Soil Water Cons.* 38:141-143.
- Mendoza, R. J. L. 2003. Manejo de cultivos para grano mediante riego por goteo. Folleto técnico núm. 18. INIFAP. 38 p.
- Nathan, R. 1995. La fertirrigación combinada con el riego. Notas del curso asociación israelí de Cooperación Internacional. Ministerio de agricultura Estado de Israel. 51 p.
- Osuna, C. E. S. 2000. Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas del Norte-Centro de México. SIGHO, Querétaro, México.
- Pizarro, C. F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia (goteo, microaspersión y exudación) 3^a edición. Edición Mundi-Prensa. Madrid, España. 469 p.
- Rincón, S. L. 1991. Fertirrigación en cultivos hortícolas *In*: el agua y los fertilizantes. Consejería de agricultura, Ganadería y Pesca. Murcia, España. 223-229 pp.
- Salinas-García, J. R.; Velázquez-García, J. J.; Gallardo-Valdéz, M.; Díaz Maderos, P.; Caballero-Hernández, F.; Tapia-Vargas, L. M. and Rosales-Robles, E. 2002. Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in Central-Western Mexico. *Soil Tillage Res.* 66.143-152.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. [www://www.siap.sagarpa.gob.mx/sisprod/sp](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sisprod/sp).
- Nelson, D. W. y Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In*: Page, A. L. (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd (ed.) Agronomy 9. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, USA. 539-579 pp.
- Vuelvas, C. M. A. 1999. Producción de maíz con riego por goteo. *In*: Memorias Primer Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. 57-64 pp.