

Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato*

Implementation of direct seeding for malting barley production in the state of Guanajuato

Aurelio Báez-Pérez^{1§}, Jesús Manuel Arreola Tostado¹, Bernard Triomphe², Angélica Bautista Cruz³ y Pablo de Jesús Licea Morales⁴

¹Campo Experimental Bajío- INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km. 6.5. C. P. 38110. Celaya, Guanajuato. Tel: 61-153-23, ext. 310. (arreola.jesus@inifap.gob.mx). ²CIRAD, UMR Innovation et Développement, Montpellier, France- 34090. Tel: 33 46761 5614. (bernard.triomphe@cirad.fr). ³CIIDIR IPN OAXACA-Departamento de Recursos Naturales. Hornos 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán. C. P. 71230. Oaxaca, México. Tel: 951 5170400. (angeli73@hotmail.com). ⁴Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco, km 38.5. C. P. 56230, Chapingo, Estado de México. Tel: 595 9521500. (pliceam@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: baez.aurelio@inifap.gob.mx.

Resumen

En la actualidad la rentabilidad en la producción de granos en el Bajío ha sido impactada por el aumento excesivo en el precio de los fertilizantes químicos y otros insumos agrícolas; por el deterioro del suelo y por el abatimiento de los mantos freáticos. Debido a lo anterior es necesario implementar prácticas agronómicas que conduzcan a revertir esta problemática. Con este propósito se estableció un experimento en el Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato, para evaluar la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo diversas prácticas agronómicas con base en la siembra directa (SD). Previo al experimento, se estableció en primavera-verano de 2006 un cultivar de maíz (*Zea mays* L.) con el fin de producir los residuos de cosecha necesarios para la implementación de la SD. Durante el ciclo otoño-invierno se evaluó la producción de cebada variedad Esperanza, bajo dos sistemas de cultivo: labranza convencional (LC) y SD; tres dosis de fertilización nitrogenada (urea): 90-60-00, 180-60-00 y 270-60-00; y tres sistemas de riego: aspersión, superficial con flujo intermitente y superficial con flujo continuo. Se empleó un diseño experimental factorial 2 x 3 x 3 con 18 tratamientos con un arreglo en bloques al azar. Se establecieron de cuatro a 8 repeticiones por tratamiento. Se

Abstract

At present, the profitability of grain production in the Bajío has been impacted by the excessive increase in the price of chemical fertilizers and other agricultural inputs; due to soil degradation and the depletion of groundwater. Because of this it is necessary to implement farming practices that lead to reverse this problem. For this purpose, an experiment was established in the Experimental field of the Bajío in Celaya, Guanajuato, to evaluate the production of barley (*Hordeum vulgare* L.) under different agronomic practices based on No-till farming or direct planting (DP). Previous to the experiment, a crop of maize (*Zea mays* L.) was established during spring-summer 2006, to produce the crop residue needed for the implementation of the DP. During the autumn-winter cycle was evaluated the production of barley of the variety Esperanza under two cropping systems: conventional tillage (CT) and DP; three doses of nitrogen fertilization (urea): 90-60-00, 180-60-00 and 270-60-00, and three irrigation systems: sprinkler, surface with intermittent flow and surface with continuous flow. It was used a factorial experimental design 2 x 3 x 3 with 18 treatments and arranged in randomized blocks. There were established from four to eight replicates per treatment. The

* Recibido: febrero de 2012
Aceptado: julio de 2012

monitoreó la humedad en el suelo. La producción de grano de cebada fue cerca de 20% mayor en SD respecto a LC. Hubo efectos significativos ($p < 0.05$) por los factores: tipo de siembra y dosis de fertilización, no así por el tipo de riego. Prevalció una fuerte interacción ($p < 0.05$) entre el tipo de siembra y la dosis de fertilización. En SD la humedad en el suelo (0-30 cm de profundidad) antes de aplicar cada riego fue, en promedio, 6% mayor, respecto a la LC ($p < 0.05$). De acuerdo con la curva característica de retención de humedad del suelo, la humedad aprovechable se encontró entre 27 y 49% de humedad, por lo cual ese 6% de reserva, equivalió a aproximadamente a un cuarto de la humedad aprovechable.

Palabras clave: labranza de conservación, cereales, prácticas conservacionistas.

Introducción

Actualmente la rentabilidad en la producción de granos en el Estado de Guanajuato ha sido impactada drásticamente por el aumento excesivo de los fertilizantes químicos y otros insumos de agrícolas, por el deterioro del suelo y por el abatimiento de los mantos freáticos. Las prácticas agronómicas basadas en la labranza convencional (barbecho, rastra, surcado, aporque, etc.), la continúa rotación cereal-cereal y la quema de residuos de cosecha, han ocasionado una drástica disminución de las reservas orgánicas de los suelos del Bajío (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004). Debido a lo anterior los agricultores emplean dosis excesivas de fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados, y pesticidas para tratar de obtener altos rendimientos de granos (Grageda-Cabrera *et al.*, 2000; Arreola-Tostado *et al.*, 2006), ocasionando con ello un alto riesgo de contaminación de los mantos acuíferos y un fuerte impacto en la fertilidad química del suelo. En México la degradación del suelo ocasionada por la actividad humana se ha estimada en más de 45%, mientras que en el estado de Guanajuato, ésta representa más de 65% de su territorio (SEMARNAT, 2002). Cerca de la mitad de la superficie agrícola de Guanajuato presenta algún grado de degradación química-biológica, ocasionadas por problemas de salinización y disminución de reservas orgánicas, principalmente. Esta problemática va acompañada por la compactación del suelo, ocasionada por el excesivo laboreo de la maquinaria agrícola. Lo anterior implica necesariamente algún grado de degradación física.

soil moisture was monitored. The production of barley grain was about 20% higher in DP compared to CT. There were significant effects ($p < 0.05$) by the factors: type of planting and fertilization doses, not by the type of irrigation. A strong interaction prevailed ($p < 0.05$) between the type of planting and fertilization dosages. In DP the moisture in the soil (0-30 cm depth) before each irrigation was applied, on average, 6% higher, relative to CT ($p < 0.05$). According to the characteristic curve of soil moisture retention, the available moisture was between 27 and 49% humidity, so that 6% reserve, equivalent to approximately one quarter of the available moisture.

Key words: cereals, conservation tillage, conservation practices.

Introduction

Currently the profitability in grain production in the state of Guanajuato has been dramatically impacted by the excessive increase of chemical fertilizers and other agricultural inputs for soil degradation and the depletion of groundwater. Agronomic practices based on conventional tillage (plowing, harrowing, plowing, hoeing, etc.), the cereal-cereal rotation continues and the burning of crop residues, have caused a drastic decrease in soil organic reserves of the Bajío (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004). Because of this farmers use excessive doses of chemical fertilizers, especially nitrogen, and pesticides to try to obtain high yields of grain (Grageda-Cabrera *et al.*, 2000; Arreola-Tostado *et al.*, 2006), thereby causing a high risk of contamination of aquifers and a strong impact on the chemical fertility of soils. In Mexico, land degradation caused by human activity has been estimated at more than 45%, while in the state of Guanajuato, this represents over 65% of its territory (SEMARNAT, 2002). About half of the agricultural areas of Guanajuato have some degree of chemical-biological degradation, mainly caused by problems of salinization and a decrease of organic reserves. This problem is accompanied by soil compaction, caused by excessive tillage of agricultural machinery. This necessarily involves some degree of physical degradation.

The overexploitation of the aquifers in Mexico has dramatically reduced the availability of drinking water. In the state of Guanajuato are registered over 17 200 wells

La sobreexplotación de los mantos acuíferos en México ha reducido drásticamente la disponibilidad de agua potable. En el estado de Guanajuato se tienen registrados más de 17, 200 pozos para el aprovechamiento de aguas subterráneas, de los cuáles, 76% son destinados para las actividades agrícolas (Acevedo-Torres, 2004). Se estima que el abatimiento del manto freático subterráneo es de 3 a 6 m por año (Arreola-Torres *et al.*, 2006). Los autores mencionan que actualmente hay un déficit de más de 900 millones de m³ por año en el estado.

La problemática expuesta pone de manifiesto la necesidad de implementar tecnologías que conduzcan a aumentar las reservas orgánicas del suelo, conservar la humedad en el mismo, aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes químicos (implementación de la dosis óptima) y disminuir la contaminación del suelo y agua. Para este propósito es necesario comprender cómo interacciona el cultivo con los diversos factores edáficos, climáticos y agronómicos. La implementación de prácticas agronómicas con base en la siembra directa (SD): siembra sobre los residuos de cosecha del cultivo precedente sin utilización de prácticas mecánicas de labranza y el empleo de leguminosas en rotación o asociación con otros cultivos, son una alternativa viable para lograr dicho propósito (FAO, 2002). Dichas prácticas se han utilizado con reserva en el estado de Guanajuato, como una opción tecnológica viable para reducir costos de producción de los cultivos, sobre todo en el ciclo de primavera-verano (Arreola, *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 1999), no obstante, su potencialidad, no han sido aprovechadas en su real dimensión, por lo cual existe la necesidad de validar dichas prácticas. Esta documentado científicamente, que en México la SD es una opción viable y que a mediano plazo se puede mejorar sustancialmente la calidad agrícola de los suelos (Fuentes, 2008; Licher, 2008).

La incorporación de residuos orgánicos en la superficie del suelo y la conservación de la estructura del mismo por no removerlo, son dos componentes fundamentales de la SD, que se fundamenta porque favorece la acumulación de C orgánico. Éste último es un elemento clave en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Lal, 2004). Aunque su dinámica en el suelo es compleja, la incorporación de residuos orgánicos en la superficie del suelo es un componente fundamental para aumentar las reservas orgánicas, reactivar la actividad biológica en el mismo y para proporcionar una cobertura que conserve mayor tiempo la humedad en el suelo. El propósito de este trabajo fue evaluar la eficiencia en la producción de grano de cebada con algunas prácticas agronómicas con base en la siembra directa.

for groundwater development, of which, 76% are intended for agricultural activities (Acevedo-Torres, 2004). It is estimated that the decrease of underground water is of 3 to 6 m per year (Arreola-Torres *et al.*, 2006). The authors note that there is currently a deficit of more than 900 million m³ per year in the state.

The problems discussed highlights the need to implement technologies that can increase soil organic reserves, conserve moisture in it, increase the efficiency of chemical fertilizers (implementation of the optimal dose) and reducing soil and water contamination. For this purpose it is necessary to understand how culture interacts with the diverse soil, climatic and agronomic factors. The implementation of agricultural practices based on no-till farming or direct planting (DP); sowing on crop residues of previous crop without the use of mechanical tillage practices and the use of legumes in rotation or association with other crops, are a viable alternative to this purpose (FAO, 2002). Such practices have been used with reservation in the state of Guanajuato, as a viable technological option to reduce costs of crop production, especially in the spring-summer cycle (Mora *et al.*, 1999; Arreola *et al.*, 2006), however, its potential, has not been exploited in its real dimension, so there is a need to validate these practices. It is scientifically documented that in Mexico DP is a viable option and that in the medium term can substantially improve the quality of agricultural soils (Fuentes, 2008; Licher, 2008).

The incorporation of organic residues in the soil and conservation of its structure by not removing it, are two key components of DP, which is based, because it favors the accumulation of organic carbon. The latter is a key element in improving the physical, chemical and biological properties of soil (Lal, 2004). Although its dynamic in soil is complex, the incorporation of organic residues on the surface of the soil is a key component to increase organic reserves, to re-activate the same biological activity and to provide coverage that keeps the soil moisture for a longer time. The purpose of this study was to evaluate the efficiency in the production of grain barley with some agronomic practices based on direct seeding.

Materials and methods

The trial was conducted in the Experimental field of the Bajío in Celaya, Guanajuato, located at 20° 3' north latitude and 100° 0' west longitude with an altitude of 1 754 m. The climate

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato, ubicado a los 20° 3' latitud norte y 100° 0' longitud oeste, con una altitud de 1754 m. El clima de la región según García (1984) es BS1hw(W)(e)q. La temperatura media anual es de 20.6 °C y la precipitación media anual es de 597 mm. El tipo de suelo del campo experimental corresponde según la clasificación de la USDA a un vertisol pélico (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004).

Blanqueo. Previo al establecimiento del experimento, durante el ciclo primavera-verano de 2006, se prepararon de manera convencional (barbecho, rastra) dos áreas de cultivo de aproximadamente 6 hectáreas cada una. Se efectuó una nivelación con una pendiente menor a 5%. Se estableció un cultivar de maíz (variedad experimental del INIFAP de ciclo intermedio) en los lotes experimentales, con el propósito de producir esquilmos de cosecha necesarios para establecer los tratamientos bajo SD. Se sembraron 35 kg ha⁻¹, a una distancia entre surcos de 0.76 m y de 6 a 7 plantas por metro lineal. La producción de grano fluctuaron entre 4 y 7 t ha⁻¹ y los de paja aérea entre 6 y 12 t ha⁻¹.

Datos climáticos. Se tomaron registros de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y precipitación mediante la una estación automática Vantage Pro2TM Plus inalámbrica, la cual esta ubicada en el Campo Experimental Bajío.

El experimento. El ensayo se estableció durante otoño-invierno de 2006. Se evaluaron dos sistemas de cultivo: labranza convencional y siembra directa, tres dosis de fertilización nitrogenada: 90-60-00, 180-60-00 y 270-60-00 y tres sistemas de riego: presurizado (aspersión), superficial tecnificado con fluido intermitente (FI) y superficial tecnificado fluido continuo (FC). Se empleó un diseño experimental factorial 2 x 3 x 3 con 18 tratamientos con un arreglo en bloques en bloques al azar. Se establecieron de cuatro a ocho repeticiones.

Sistemas de siembra: Se establecieron parcelas experimentales de 18 m de largo por 10 metros de ancho. En SD los residuos de maíz producidos el ciclo anterior fueron triturado y esparcidos lo más homogéneamente posible mediante un implemento agrícola conocido como "chaponeadora". En LC el suelo fue barbechado y rastreado

of the region according to García (1984) is BS1hw (W) (e) q. The annual mean temperature is 20.6 C and annual mean precipitation is 597 mm. The soil type of the experimental field corresponds as classified by the USDA to a Vertisol pellic (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004).

Bleaching: prior to the establishment of the experiment, during the spring-summer 2006, were prepared in a conventional manner (plowing, harrowing) two growing areas of approximately 6 hectares each. Leveling was performed with a slope less than 5%. It was established a maize crop (an experimental variety from INIFAP of an intermediate cycle) in the experimental plots, with the purpose of producing stalks from harvest needed to establish treatments under DP. It was planted 35 kg ha⁻¹, at a row spacing of 0.76 m and 6 to 7 plants per linear meter. Grain yields ranged from 4 to 7 t ha⁻¹ and aerial straw between 6 and 12 t ha⁻¹.

Climatic data: records were taken of maximum temperature, minimum temperature and precipitation by an automatic station Vantage Pro2TM Plus Wireless, which is located in the experimental field of the Bajío.

The experiment: the experiment was carried out during autumn-winter 2006. Were evaluated two cultivation systems: conventional tillage and direct planting, three nitrogen doses: 90-60-00, 180-60-00 and 270-60-00 and three irrigation systems: pressurized (sprinkler), superficial technified intermittent flow (IF) and surface technified continuous flow (CF). A factorial experimental design 2 x 3 x 3 with 18 treatments, arranged in randomized blocks was used. There were established from four to eight replicates.

Planting systems: experimental plots were established of 18 m long and 10 meters wide. In DP corn residues produced the previous cycle were crushed and scattered as evenly as possible through a farm implement known as "chaponeadora" or spading machine. In CT the soil was plowed and tracked as is traditionally done. 120 kg ha⁻¹ of barley was planted in dry with the variety Esperanza, at a distance of 17 cm between rows. In DP was used an implement adequate with cutting discs and place the seed stubble. In CT the soil was fallow and there were two steps of harrow. In the same way was planted in DP but using their own tools for CT.

Fertilization: we evaluated three levels of nitrogen fertilization: (1) 90-60-00, (2) 180-60-00 and (3) 270-60-00. The second corresponds to the regional average (Arreola *et*

como se hace tradicionalmente. Se sembraron en seco 120 kg ha⁻¹ de cebada variedad esperanza, a un distanciamiento entre filas de 17 cm. En SD se utilizó un implemento adecuado con discos para cortar el rastrojo y depositar la semilla. En LC el terreno se barbechó y se dieron dos pasos de rastra. Se sembró de igual forma que en SD pero utilizando implementos propios para LC.

Fertilización: Se evaluaron tres niveles de fertilización nitrogenada: (1) 90-60-00, (2) 180-60-00 y (3) 270-60-00. La segunda corresponde al promedio regional (Arreola *et al.*, 2006). Se adicionó la mitad de nitrógeno (urea) y todo el fósforo (superfosfato de calcio triple) a la siembra y un mes después el resto del fertilizante.

Riego: Se implementaron tres SRT: (1) presurizado, mediante un cañón tipo Rain Gun® SR3003/F3002 se aplicaron ocho riegos con una lámina aproximada de 7 cm por riego; (2) sistema de riego tecnificado con flujo continuo (FC); y (3) sistema de riego tecnificado con flujo intermitente (FI). Estos últimos se aplicaron mediante tubería de compuertas tres de 15 cm de lámina por riego, con una lámina total de 45 cm.

Los datos se analizaron mediante el programa System analysis Statistical (SAS). La comparación de medias se examinó con varianzas ponderadas por tamaño de muestra, procedimiento GLM y opción REGWQ (SAS, 1998).

Resultados y discusión

Temperatura y precipitación

En la Figura 1 se presentan las temperaturas máximas y mínimas, y la precipitación que imperaron durante el desarrollo del cultivo de cebada. Las temperaturas mínimas extremas se registraron el 29 y 30 de diciembre y el 27 de febrero. Fue notable que después de éstas se registraran también las temperaturas extremas más altas, durante el ciclo de cultivo. Enero, que regularmente es el mes más frío de la temporada invernal, presentó una condición cálida con una temperatura media mensual de 22.5 °C. El volumen pluvial durante el ciclo agrícola otoño-invierno (diciembre a mayo) fue de 74.2 mm. Más de 50% de ésta, se registró en dos aguaceros excepcionales que se presentaron durante los meses de enero y febrero.

al., 2006). Half of the nitrogen (urea) was added and all the phosphorus (calcium triple superphosphate) at sowing and one month after the rest of the fertilizer.

Irrigation: three irrigation systems were used: (1) pressurized by Rain Gun® cannon type SR3003/F3002 eight irrigations were applied with a water amount of about 7 cm per irrigation, (2) modern irrigation system with continuous flow (CF); and (3) modern irrigation system with intermittent flow (IF). The latter was applied by three gates pipe of 15 cm of water per irrigation, with a total amount of water of 45 cm.

Data were analyzed with the System analysis Statistical (SAS) program. The comparison of means was examined with variances weighted by sample size, procedure GLM and option REGWQ (SAS, 1998).

Results and discussion

Temperature and precipitation

Figure 1 shows the maximum and minimum temperatures and rainfall that prevailed during the growing season of barley. The lowest temperatures registered were in the 29th and 30th of December and in February 27th. It was remarkable that after these were also recorded the higher temperatures during the growing season. January, which is usually the coldest month of the winter season, presented a warm condition with a mean monthly temperature of 22.5 °C. The volume of rain during the crop cycle autumn-winter (December to May) was 74.2 mm. Over 50% of it was recorded in two exceptional rains that occurred during the months of January and February.

Coverage and amount of crop residues

In the treatments established under DP (1 to 9), the distribution of corn crop residues at the soil surface provided an average coverage of 70% (Figure 2). The amount of residue ranged from 8 to 12 t ha⁻¹. This heterogeneity was caused because the machine that ground the stubble did not have a spreader. However, the differences were not statistically significant ($p < 0.05$). The coverage crop residue on the soil surface is the main component of the DP and recommends that it fully covered, as is the raw material to restore soil organic reserves and reduce water

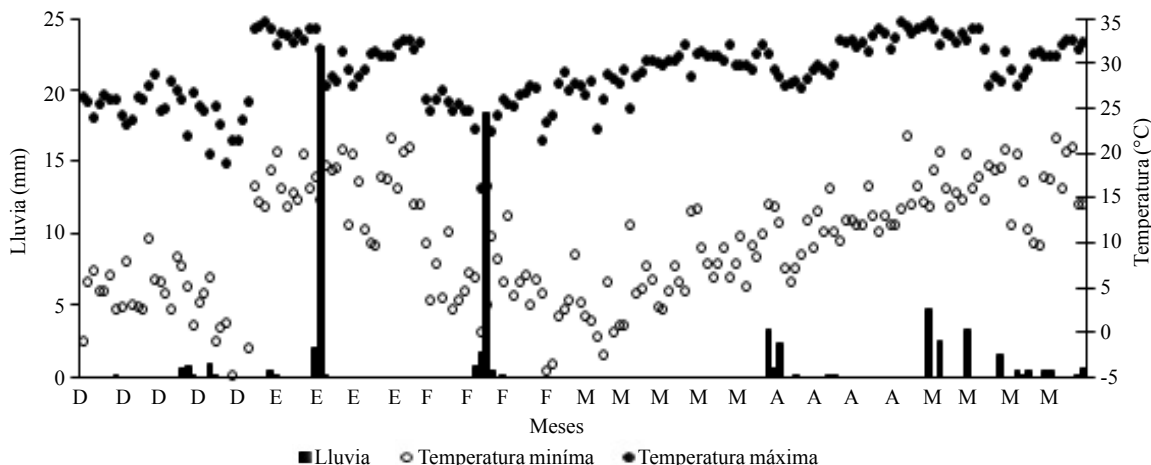


Figura 1. Temperatura y precipitación durante ciclo otoño-invierno de 2001-2002 en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato.

Figure 1. Temperature and precipitation during the autumn-winter cycle of 2001-2002 in the Experimental field of the Bajío in Celaya, Guanajuato.

Cobertura y cantidad de residuos de cosecha

En los tratamientos establecidos bajo SD (1 al 9), la distribución de los residuos de cosecha de maíz en la superficie del suelo proporcionó una cobertura promedio de 70% (Figura 2). La cantidad de residuo fluctuó de 8 a 12 t ha⁻¹. Esta heterogeneidad fue ocasionada porque la máquina que trituro el rastrojo no contaba con esparcidor. Sin embargo, estadísticamente estas diferencias no fueron significativas ($p < 0.05$). La cobertura de residuos de cosecha en la superficie del suelo es el principal componente de la SD y se recomienda que ésta cubra en su totalidad, ya que constituye la materia prima para restituir las reservas orgánicas del suelo y disminuir la pérdida de agua por evaporación, conservando por más tiempo la humedad disponible para el cultivo (Velázquez, 2001). Lo anterior contribuye también a aumentar la actividad biológica en el suelo favoreciendo con ello las propiedades físicas, químicas, biológicas, y la fertilidad del suelo. Uno de los problemas importantes en la adopción de la SD en México, es la falta de información sobre el manejo de los residuos de cosecha. Según Unger *et al.*, (1995) es necesario proporcionar por lo menos 30% de dichos residuos en superficie del suelo, pero se requiere una cobertura tendiente al 100%.

Aunque los residuos de cosecha del cultivo anterior también proporcionaron una fuente de reservas orgánicas para el cultivo en los primeros 30 cm, la disponibilidad de nutrientes depende de su grado de descomposición, de su calidad y de la relación C/N (Maskina, *et al.*, 1993; Dong *et al.*, 2009).

loss by evaporation, keeping for a longer time the moisture available for cultivation (Velázquez, 2001). This also helps to increase the biological activity in the soil, thus favoring the physical, chemical, biological, and soil fertility properties. One of the major problems in the adoption of the DP in Mexico is the lack of information on the management of crop residues. According to Unger *et al.* (1995) is necessary to provide at least 30% of these residues in the soil surface, but requires coverage aimed at 100%.

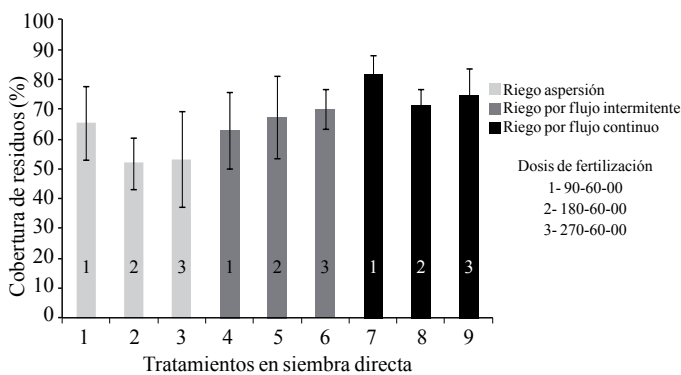


Figura 2. Cobertura de residuos vegetales en tratamientos evaluados en SD en Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato.

Figure 2. Plant residue cover in treatments evaluated in DP in the Experimental field of the Bajío in Celaya, Guanajuato.

Although crop residues of previous crop also provided a source of organic reserves for cultivation in the first 30 cm, the availability of nutrients depends on their degree of

Al respecto Velázquez *et al.* (2001) mencionaron que la mineralización de los residuos de cosecha está sujeta a una fuerte variación, la cual es condicionada por el tiempo de exposición de los residuos sobre la superficie del suelo, a las condiciones de manejo y al clima de cada localidad.

Componentes de rendimiento

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las variables agronómicas evaluadas en este estudio. La población promedio de plantas de cebada en LC fue 26% mayor respecto a SD (220 y 162 plantas m⁻² respectivamente). Estos resultados evidenciaron que la germinación de las semillas en SD presentó un ligero abatimiento. Esta contrariedad está comúnmente relacionada con problemas en el ajuste de la maquinaria empleada en SD, principalmente cuando el disco adaptado a la sembradora para cortar el rastrojo esparcido en el suelo presenta algunas fallas y la semilla no queda enterrada en correctamente.

decomposition, its quality and the C/N relation (Maskina *et al.*, 1993; Dong *et al.*, 2009). In this regard Velázquez *et al.* (2001) mentioned that the mineralization of crop residues is subject to strong variation, which is conditioned by time of exposure of residues on the soil surface, the management conditions and climate of each locality.

Yield components

Table 1 presents the results of the agronomic variables evaluated in this study. The average population of barley plants in CT was 26% higher compared to DP (220 and 162 plants m⁻² respectively). These results showed that seed germination in DP showed a slight depression. This setback is usually related to problems in adjusting the machinery used in DP, especially when the adapted disc to the cultivator to cut the straw scattered on the ground has some flaws and the seed is not buried properly.

Cuadro 1. Resultados de variables agronómicas de ensayo de cebada var. esmeralda. Campo Experimental Bajío, Celaya Guanajuato. Letras iguales son estadísticamente semejantes ($p < 0.05$).

Table 1. Results of test agronomic traits of barley cv. Esmeralda. Experimental field of the Bajío, Celaya Guanajuato. Similar letters are statistically similar ($p < 0.05$).

Trat.	Sistema cultivo	Tipo de riego	Dosis fertilización	Número de		IA	Altura de planta cm	Peso de			Peso de mil granos g	IC
				Plantas m ⁻²	Tallos			grano t ha ⁻¹	paja	biomasa		
1	SD	1	F1	183bac	564a	3.30a	60.0a	5.2ba	6.1b	11.3a	44.54ba	0.45ba
2	SD	1	F2	174 bac	548a	3.39a	65.8a	7.2ba	9.0ba	16.2a	41.78ba	0.42ba
3	SD	1	F3	202bac	501a	2.52a	70.8a	6.7ba	8.2ba	14.9a	36.77ba	0.46ba
4	SD	2	F1	179bac	539a	3.16a	65.0a	6.3ba	7.7ba	14.0a	41.69ba	0.37bc
5	SD	2	F2	146bc	533a	3.84a	68.1a	7.2ba	9.2ba	16.4a	42.48ba	0.42ba
6	SD	2	F3	135c	491a	3.93a	72.8a	8.1a	10.4ba	18.5a	46.02ba	0.42ba
7	SD	3	F1	167bac	477a	3.44a	65.8a	6.0ba	7.9ba	13.9a	47.70a	0.46ba
8	SD	3	F2	162bac	544a	3.57a	67.6a	7.5ba	10.4ba	17.9a	42.62ba	0.48a
9	SD	3	F3	155bac	523a	3.49a	74.4a	8.1a	10.9ba	19.0a	39.93ba	0.43ba
10	LC	1	F1	177bac	583a	3.40a	54.6a	5.1ba	7.5ba	12.6a	36.69ba	0.40ba
11	LC	1	F2	171bac	520a	3.42a	63.3a	5.9ba	8.5ba	14.4a	33.04b	0.37bc
12	LC	1	F3	181bac	573a	3.26a	68.7a	7.3ba	11.2a	18.5a	38.94ba	0.33c
13	LC	2	F1	222bac	537a	2.47a	60.8a	4.7b	7.4ba	12.1a	37.94ba	0.39bc
14	LC	2	F2	248a	482a	2.03a	58.5a	4.8b	7.5ba	12.3a	36.94ba	0.38bc
15	LC	2	F3	234ba	514a	2.24a	65.3a	6.2ba	10.2ba	16.4a	38.57ba	0.37c
16	LC	3	F1	246b	491a	2.06a	60.4a	5.1ba	8.1ba	13.2a	42.58ba	0.38bc
17	LC	3	F2	234ba	502a	2.33a	60.0a	6.1ba	9.4ba	15.5a	38.74ba	0.39bc
18	LC	3	F3	221bac	461a	2.11a	66.1a	6.1ba	9.2ba	15.3a	40.65ba	0.39bc

El índice de amacollamiento (IA) promedio en el cultivo de cebada fue de 3.4 tallos planta⁻¹ en SD y 2.6 tallos planta⁻¹ en LC. Hubo una clara tendencia, en la cual, el IA aumentó a medida que disminuía el número de

The average tillering index (TI) in the crop of barley was 3.4 plant⁻¹ stems in DP and 2.6 plant⁻¹ stems on CT. There was a clear trend, in which the TI increased with decreasing the number of plants m⁻² (Figure 3). This parameter offset

plantas m⁻² (Figura 3). Este parámetro compensó el número de tallos m⁻², el cual fue semejante ($p < 0.05$) en todos los tratamientos. Con base a lo anterior se concluye que el número de plantas m⁻² no influyó en la producción de grano de cebada en los tratamientos establecidos bajo SD.

Rendimiento de grano

El rendimiento promedio de grano de cebada mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto del tipo de siembra y dosis de fertilización, mientras que a nivel del factor tipo de riego no hubo diferencias ($p < 0.05$). El sistema de riego por flujo superficial intermitente no pudo diferenciarse del sistema de riego continuo, debido a que operacionalmente las parcelas eran muy cortas (18 m de longitud) para lograr diferenciar ambos tipo de riego. El sistema de SD produjo globalmente 18.6% mayor cantidad de grano respecto al sistema en LC. Los mayores rendimientos de cebada se obtuvieron en los tratamientos 6 y 9 (alrededor de 8 t ha⁻¹), con la dosis de fertilización más alta (Figura 4). En contraste los rendimientos más bajo se obtuvieron en los tratamientos 13 y 14, correspondientes al sistema en LC, con alrededor de 5 t ha⁻¹, muy cercano a la producción media estatal de cebada para condiciones de riego, la cual es de 5.5 t ha⁻¹ (SIAP, 2007).

the number of stems m⁻², which was similar ($p < 0.05$) in all treatments. Based on the above it is concluded that the number of plants m⁻² did not affect grain yield of barley in treatments established under DP.

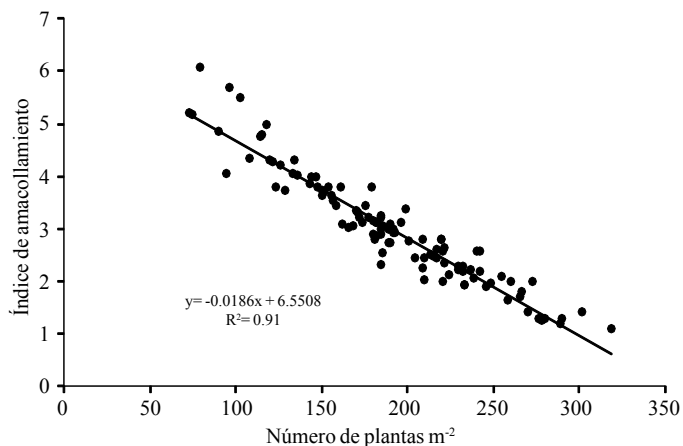


Figura 3. Relación entre índice de amacollamiento y número de plantas.

Figure 3. Relationship between the tillering rate and number of plants.

Grain yield

The average yield of barley grain showed significant differences ($p < 0.05$) by effect of seeding rate and fertilization rates, while at the factor type of irrigation there

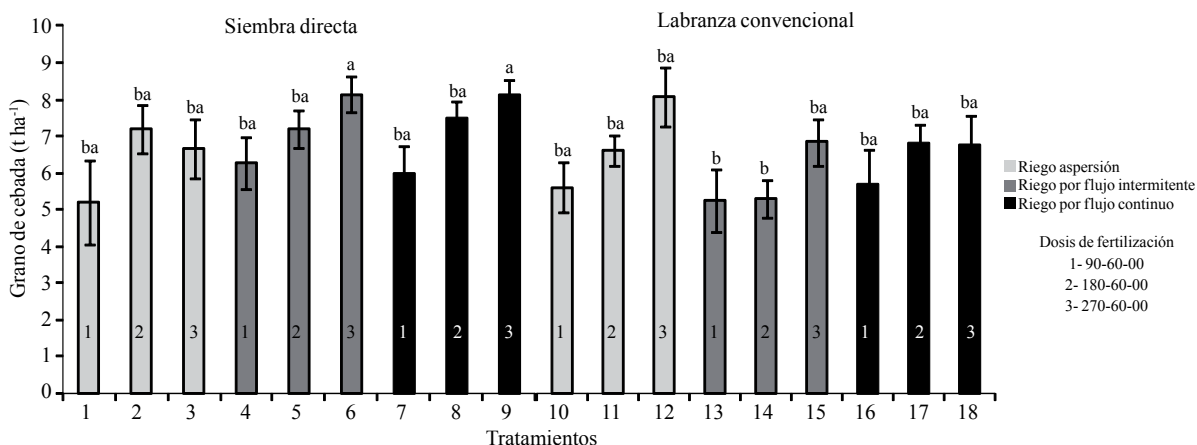


Figura 4. Rendimiento de grano de cebada variedad esperanza en el Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato.

Figure 4. Grain yield of barley in the Esperanza variety in the experimental field of the Bajío, Celaya, Guanajuato.

Fertilización

La dosis de fertilización media regional (180-60-00) y la más alta (270-60-00) tuvieron una producción global promedio de cebada de 6.4 y 7 t ha⁻¹, respectivamente; sin embargo,

was no difference ($p < 0.05$). The intermittent flow irrigation surface system could not differentiate from the continuous irrigation system, because operationally the plots were very short (18 m long) to be able to differentiate both types of irrigation. DP system had an overall production

fueron estadísticamente semejantes ($p < 0.05$). Lo anterior muestra que aplicar mayor cantidad de fertilizante es innecesario y además aumenta los costos de producción. La dosis de 90-60-00 tuvo un rendimiento promedio de 5.4 t ha^{-1} . Hubo una fuerte interacción entre tipo de siembra y dosis de fertilización ($p < 0.05$). El sistema de SD produjo globalmente 15% más grano con F1 respecto a al sistema de LC. Mientras que con F3 la diferencia fue de 23%. Lo anterior se atribuye a la mayor conservación de humedad del suelo que proporcionó el sistema de SD para el aprovechamiento del cultivo, como se explicará más adelante.

Tipo de riego

El riego superficial con flujo intermitente (RSI) no pudo diferenciarse técnicamente con el riego con flujo continuo en el presente ensayo, debido a que las parcelas experimentales fueron demasiado cortas (18 m de longitud) para permitir operar correctamente este sistema de riego. En parcelas comerciales, con más de 100 m de longitud, El RSI proporciona un ahorro significativo en el gasto de agua riego, porque consiste en la interrupción cíclica del suministro de agua a los surcos, por lo que el avance de riego humedece el suelo por oleadas sucesivas, con un mayor control del caudal de escorrentía, lo que permite una mayor eficiencia en el riego y gasto de agua respecto al riego superficial con flujo continuo (Santos-Pereira *et al.*, 2010). El sistema de riego presurizado no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) respecto a los otros tipos de riego.

Humedad

Los resultados de humedad del suelo mostraron que en el sistema de SD hubo una mayor disponibilidad de agua para el cultivo, respecto al sistema de LC. Esta diferencia fue en promedio (de 0 a 30 cm de profundidad) de 6%, lo cual permitió incrementar su disponibilidad para el cultivo. La curva característica de retención de humedad del suelo donde se estableció el experimento mostró que el punto de marchitez permanente fue de 27% y la capacidad de campo de más de 49% de humedad; es decir, que entre estos valores hay un rango de 22% de humedad disponible para las plantas. Por lo anterior, esa diferencia de 6%, entre ambos sistemas de cultivo, equivalió a una cuarta parte de la humedad aprovechable disponible que el suelo almacenó, como reserva, en el sistema de SD para el aprovechamiento del cultivo.

of 18.6% more quantity of grain than the CT system. The highest yields of barley were obtained in treatments 6 and 9 (about 8 t ha^{-1}), with higher fertilization rates (Figure 4). In contrast the lowest yields were obtained in treatments 13 and 14, corresponding to the CT system, with about 5 t ha^{-1} , very close to the average state for irrigated barley, which is 5.5 t ha^{-1} (SIAP, 2007).

Fertilization

The regional average rates of fertilization (180-60-00) and the highest (270-60-00) had an average total production of barley of 6.4 and 7 t ha^{-1} respectively, but were statistically similar ($p < 0.05$). The above shows that to apply more fertilizer is unnecessary and also increases production costs. 90-60-00 dose had an average yield of 5.4 t ha^{-1} . There was a strong interaction between type of planting and fertilization rates ($p < 0.05$). The DP system had an overall production of 15% more grain with F1 respect to the CT system. Meanwhile with F3 the difference was 23%. This is attributed to the greater conservation of soil humidity that provided the DP system for the use of the crop, as will be explained later.

Irrigation type

Surface irrigation with intermittent flow (RSI) could not be technically differentiated with the continuous flow irrigation in this experiment, because the plots were too short (18 m long) to allow properly operate the irrigation system. In commercial fields, with more than 100 m in length, RSI provides significant savings in irrigation water usage, because it consists of the cyclic interruption of water supply to the furrow, so that progress of irrigation wets the soil with successive waves, with greater control over the rate of runoff, allowing more efficient irrigation and water usage compared to surface irrigation with continuous flow (Santos-Pereira *et al.*, 2010). The pressurized irrigation system showed no significant differences ($p < 0.05$) compared to other types of irrigation.

Humidity

The results showed that soil moisture in the DP system had a greater availability of water for cultivation, with respect to the CT system. This difference was on average (from 0 to 30 cm deep) 6%, which allowed to increase its availability to the crop. The characteristic curve of soil moisture retention where it was established the experiment showed that the wilting point was 27%, and the field capacity of more than

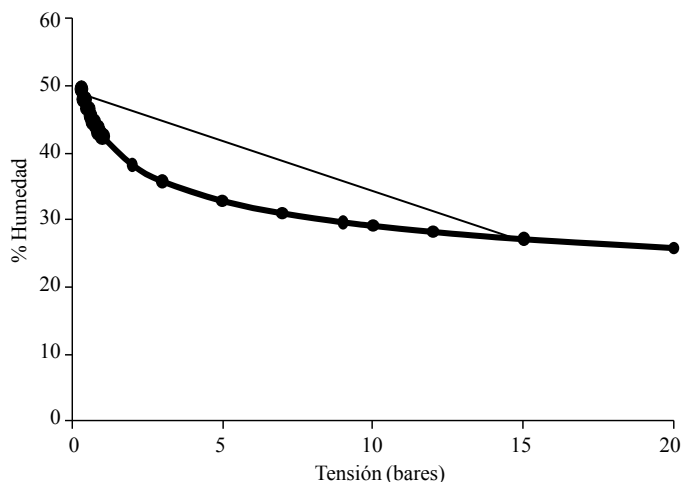


Figura 5. Curva característica de retención de humedad de suelo Vertisol. Campo Experimental Bajío.

Figure 5. Characteristic curve of soil moisture retention in a vertisol. Experimental field of the Bajío.

Conclusiones

La producción de cebada bajo el sistema de SD tuvo una mayor productividad desde su implementación. De manera global la producción de cebada fue cerca de 20% mayor que respecto al sistema de labranza convencional. La dosis de fertilización media regional de 180 unidades de N mostró la mejor respuesta a la producción de grano, por lo cual la dosis de 270 unidades de N es excesiva, incrementa los costos de producción de cebada significativamente y demerita la calidad de grano de cebada para la producción de malta. No hubo diferencias ($p < 0.5$) por efecto de tipo de riego. El sistema de siembra directa proporcionó una mayor conservación de la humedad en el suelo, que en promedio fue de 6%, de 0-30 cm de profundidad, lo cual equivale a una cuarta parte de la humedad disponible para las plantas, según los resultados de la curva característica de la retención de humedad del suelo.

Agradecimientos

A la Fundación Guanajuato Produce y al CIMMYT por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo.

49% moisture, ie that between these values there is a range of 22 % of moisture available to plants. Therefore, the difference of 6% between the two culture systems, equivalent to a quarter of the usable moisture available that the soil stored as reserves in the DP system for the exploitation of the crop.

Conclusions

Barley production under the DP system had a higher productivity from its implementation. Globally the production of barley was about 20% higher compared to conventional tillage. Fertilization regional average of 180 units of N showed a better response to the production of grain, by which the dose of 270 units of N is excessive, increases production costs and significantly detract barley grain quality of barley for the production of malt. There were no differences ($p < 0.5$) by the effect of type of irrigation. The tillage system provided a greater conservation of soil moisture, which averaged 6%, from 0-30 cm depth, which equates to a quarter of moisture available to plants, according to results of the characteristic curve of the soil moisture retention.

End of the English version



Literatura citada

- Acevedo-Torres, B. 2004. Evolución del abatimiento en el nivel estático de los acuíferos de Guanajuato. *Aqua Forum* 37:3-7.
- Arreola-Tostado, J. M.; Hernández-Martínez, M.; García-Silva, R.; Pons-Hernández, J. L. y Fregoso-Tirado, L. E. 2006. Labranza de conservación: alternativa tecnológica para darle sostenibilidad al sistema de producción de granos de Guanajuato. *Ide@s CONCYTEG* 15. http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/index.php?option=com_wrapper&Itemid=3. Gto., Gto.
- Santos-Pereira, L.; Juan-Velero de J. A.; Pcornell-Buendía, M. R. y Martín-Benito, J. M. T. 2010. El riego y sus tecnologías. CEER-Centro de Engenharia dos Biosistemas. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 154 pp.

- Dong, W.; Hu, C.; Chen, S. and Zhang, Y. 2009. Tillage and residue management effects on soil carbon and CO₂ emission in a wheat-corn double cropping system. *Nutr Cycl Agroecosyst* 83:27-37.
- FAO. 2002. Agricultura de conservación, estudios de caso en América Latina y África. Boletín de suelos de la FAO número 78. Roma, Italia. pp. 4-50.
- Fuentes, M.; Govaerts, B.; De León, F.; Hidalgo, C.; Dendooven, L.; Sayre, K. D. and Etchevers, J. 2008. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy (in press)*.
- García, E. 1984. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 16-21 pp.
- Grageda-Cabrera, O. A.; Esparza-García, F.; Zapata, F. and Peña-Cabriales, J. J. 2000. Influence of sorghum crop residue management on the recovery of 15N labelled fertilizer by wheat in Mexico. *Journal of Sustainable Agricultural* 16:75-91.
- Grageda-Cabrera, O.A., Medina-Cázares, T.; Aguilar-Acuña, J. L.; Hernández-Martínez, M.; Solís-Moya, E.; Aguado-Santacruz, G. A. y Peña-Cabriales, J. J. 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N₂ y N₂O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. *Agrociencia* 38:625-633.
- Maskina, M. S.; Power, J. F. Doran, J. W. and Wilhelm, W. W. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and Nitrogen Uptake. *Soil Science Society of America Journal* 57:1555-1560.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304:1624-1627.
- Lichter, K., Govaerts, B.; Six, J.; Sayre, K. D.; Deckers, J. Dendooven, and L. 2008. Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in a permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico. *Plant and Soil* 305:237-252.
- Mora-Gutiérrez, M.; Ordaz, V.; Castellanos, J. Z.; Aguilar-Satelises, A.; Gavi, F. y Volke, V. 1999. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra* 19:67-74.
- SAS Institute. 1998. SAS/SAT User's Guide. Version 6.09. SAS Inst., Cary. NC. pp: 100-120.
- SEMARNAT. (2002). Memoria nacional de evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana escala 1:250 000. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 26-34 pp.
- SIAP. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas anuales sobre producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx/>.
- Velázquez, J. J.; J. R. Salinas, G., K. N.; Potter, M. Gallardo, V., F. Caballero, H.4 y P. Díaz, M. 2001. Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra* 20:171-182.
- Unger, P. W. Jones, O. R. y Laryea, K. B. 1995. Sistemas de labranza y prácticas de manejo de suelos en diferentes condiciones de tierras y climas. *In: Pla, S. I. y Ovalles, F. (eds.) Memorias de la Segunda Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. Guanare, Aricagua, Venezuela. 82-117 pp.*